

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

– О.В. Гондлях

«_» _ 20 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

на тему: «Обертова піч 4х60 з модернізацією футеровки»

Виконала:

студентка 2 курсу, групи ЛП-82мп
Недашковська Богдана Анатоліївна

Керівник:

ст.викл. каф. ХПСМ Борщик С.О.

Консультант з розділу модернізація:

доц. каф. ХПСМ, д.т.н. Щербина В.Ю.

Консультант з розділу монтаж та експлуатації:

ст.викл. каф. ХПСМ Борщик С.О.

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.В.Гондлях

« ____ » _____ 2019 р

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

-
1. Тема дисертації **Обертova піч 4x60 з модернізацією футеровки**
науковий керівник дисертації _____ ст..викладач Борщик С.О. _____
затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 2019р. № _____
 2. Строк подання студентом дисертації « ____ » _____ 2019р. _____
 3. Об'єкт дослідження Піч обертova
 4. Вихідні дані: продуктивність _____ Продуктивність 3000, т/добу.
Внутрішній діаметр корпусу печі 4,м ; Довжина корпусу печі 60, м ; Ухил 4 %; Кількість опор 4, шт; Тип підшипників опор кочення; Число обертів печі від головного приводу 1.25, об/хв ; Передаточне число головного приводу 4; Число обертів печі від допоміжного приводу 16270,29, об/добу ; Головка печі стаціонарна з відкидними дверима; Форсунка для палива,газу під середнім тиском з механізмом переміщення кожної форсунки за перерізом печі з повним висуванням печі 3,6; Підоснащена системою гідроупорів,що дозволяють переміщувати корпус вздовж її осівгору та вниз.
 5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Магістерська дисертація включає такі розділи: «Зміст», «Вступ», «Призначення та галузь застосування лінії», «Технічна характеристики базової машини», «Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії», «Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації», «Розрахунки», «Охорона праці», «Технологія монтажу та експлуатації», «Стартап-проект», «Висновки», «Перелік посилань».

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Обертова піч 4х60 - 1лист, А3; Корпус печі 4х60 - 1лист, А3; Упорний ролик - 1лист, А3; Опори печі - 1лист, А3; Футерівка базова - 1лист, А3; Футерівка модернізована - 1лист, А3; Розрахунок печі з модернізованою футерівкою - 1лист, А3;

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
модернізація	Щербина В.Ю., доц.		
ТМ та Е	Борщик С.О., ст.викл.		

9. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дисертації	Строк виконання етапів дисертації	Примітка
1	Вступ	05.10.19	
2	Призначення та галузь застосування лінії	05.10.19	
3	Опис конструкції та принцип роботи	05.10.19	
4	Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації	19.10.19	
5	Охорона праці	02.11.19	
6	Стартап-проект	02.11.19	
7	Розрахунки які підтверджують працездатність машини	16.11.19	
8	Монтаж та експлуатація машини		
10	Висновки	16.11.19	
11	Оформлення ПЗ	30.11.19	
12	Оформлення креслень	14.12.19	

Студент _____ Недашковська Б.А. _____

Керівник _____ стювикладач Борщик С.О.: _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту на тему „Обертова піч 4х60 з модернізацією футеровки”: стор., рис.,

Метою магістерської дисертації є удосконалення конструкції корпусу обертової печі шляхом збільшення теплового опору футерівки.

Об'єктом дослідження є піч обертова 4х60 при виробництві цементу «сухим» способом.

Предмет дослідження встановлення додаткової теплоізоляції в футерівку печі для зменшення втрат тепла в навколишнє середовище.

У магістерській дисертації зроблений вибір та обґрунтування модернізації обертової печі, що зменшує втрати тепла за рахунок чого можливо зменшити витрати палива та збільшити продуктивність печі. Теоретичні ідеї модернізації підтверджуються результатами розрахунку, які виконуються за допомогою сучасних систем САПР системи ANSYS. Отримані дані підтверджують працездатність модернізованої печі, так як отримані максимальні напруження не перевищують допустимих і дають можливість суттєво зменшити втрати тепла через корпус, що позитивно вплине на технологічний процес.

В пояснювальній записці в достатньому обсязі представлені розрахунки обертової печі, проведено автоматизацію виробничого процесу, розглянуті основні вимоги до техніки безпеки та навколишнього середовища при роботі з машиною.

Ключові слова: цемент, обертова піч, сухий спосіб, клінкер, механічне обладнання, теплообмінник

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma project on "Rotary kiln 4x60 with lining modernization": p., Fig.,

The aim of the master's thesis is to improve the design of the rotary kiln body by increasing the thermal resistance of the lining.

The object of the study is a 4x60 rotary kiln in dry cement production. The subject of the study is the installation of additional thermal insulation in the furnace lining to reduce heat losses to the environment.

In the master's thesis the choice and justification of the modernization of the rotary kiln is made, which reduces the heat loss due to which it is possible to reduce fuel consumption and increase the kiln productivity. The theoretical ideas of modernization are confirmed by the results of the calculation, which are performed using modern ANSYS CAD systems. The obtained data confirm the efficiency of the modernized furnace, since the maximum stresses obtained do not exceed the allowable and allow to significantly reduce heat losses through the housing, which will positively affect the technological process.

The explanatory note sufficiently presents calculations of the rotary kiln, automation of the production process, the main requirements for safety and the environment when operating the machine.

Keywords: cement, rotary kiln, dry method, clinker, mechanical equipment, heat exchanger

Перелік позначень

D –	діаметр печі,	м;
V_6 –	об'єм печі,	м ³ ;
n_6 –	число обертів печі,	об/хв;
L_6 –	внутрішня довжина печі,	м;
φ –	коефіцієнт заповнення;	
γ_n –	об'ємна вага ,	кг/м ³ ;
$N_{дв}$ –	потужність двигуна,	кВт;
γ_p –	об'ємна насипна вага ,	кг/м ³ ;
α_i -	коефіцієнт лінійного розширення;	
E –	модуль пружності,	Н/м ² ;
Q –	навантаження на стиск ,	Н;
$M_{зг}$ –	згинальний момент,	Н·м;
$M_{кр}$ –	крутний момент,	Н·м;
F –	площа перетину,	м ² ;
h –	висота головки болта,	м;
f_6 –	площа одного болта,	м ²
η_p –	К.К.Д редуктора;	
η_{zn} –	К.К.Д зубчатої передачі;	
η_m –	К.К.Д муфти;	
L –	розрахункова довговічність,	год;
$B_{отн}$ –	відносна ширина зубчастого вінця,	мм;
P –	зусилля,	Н;

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	11
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧІ.....	13
3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП ДІЇ.....	14
4 МОДЕРНІЗАЦІЯ.....	16
5 РОЗРАХУНКИ	19
5.1 Параметричні розрахунки	19
5.2 Кінематичні розрахунки	19
5.3 Тепловий розрахунок.....	20
5.3.1 Сировина для виробництва керамзитового гравію	20
5.3.2 Тепловий балансу обертової печі	20
5.3.3 Розрахунок терлового балансу обертової печі	21
5.4 Розрахунки на міцність.....	35
5.4.1 Розрахунок корпусу обертової печі	35
5.4.2 Розрахунок корпусу обертової печі на жорсткість	40
5.4.3 Розрахунок бандажа обертової печі	41
5.4.3.1 Визначення реакцій опорних роликів	41
5.4.3.2 Визначення геометричних розмірів бандажа з умови його роботи на вигин і контактну міцність	41
5.4.3.3 Визначення розмірів напольгливих роликів.....	45
5.4.3.4 Визначення діаметра упорного регульовального гвинта	46
6.1 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ.....	47
6.2 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	49
6.2.1 Ідея стартап-проекта	62
6.2.2 Технологічний аудит ідеї стартап-проекту	63
6.2.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	64
6.2.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту	65
6.2.5 Розрахунок витрат на модернізацію.....	66
6.2.5.1 Витрати на виготовлення окремих елементів власними силами.....	66
6.2.5.1.1 Розрахунок собівартості.....	66
6.2.5.2 Витрати на придбання стандартних елементів для модернізації.....	69

6.2.5.3 Розрахунок ціни.	70
6.2.5.4 Витрати на збірково-монтажні роботи.	71
6.2.6 Розрахунок техніко-економічних показників до і після модернізації.....	71
6.2.6.1 Розрахунок повних капітальних витрат по базовому обладнанню	71
6.2.6.2 Річна продуктивність обладнання.....	73
6.2.7 Оцінка ефективності модернізації.	74
6.3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	76
6.3.1 <i>Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів</i>	<i>76</i>
<i>проектованої обертової печі 2.5 × 40 м.....</i>	<i>76</i>
6.3.1.1 <i>Повітря робочої зони.....</i>	<i>76</i>
6.3.1.2 <i>Виробничий шум</i>	<i>77</i>
6.3.1.3 <i>Вібрація</i>	<i>78</i>
6.3.1.4 <i>Небезпека впливу, частин печі що рухаються й обертаються.....</i>	<i>78</i>
6.3.2 <i>Електробезпека</i>	<i>79</i>
6.3.3 <i>Пожежна безпека</i>	<i>81</i>
7 МОДЕРНІЗАЦІЯ.....	83
7.1 РОЗРОБКА 3D В ПРОГРАМІ CATIA.....	83
7.2 РОЗРАХУНОК В СИСТЕМІ ANSYS	88
7.3 ВИСНОВКИ.....	93
ЛІТЕРАТУРА	94

ВСТУП

Найважливіший будівельний матеріал - цемент застосовується в будівельній промисловості близько 160 років. За цей порівняно невеликий період часу у виробництві цементу досягнуті великі успіхи: удосконалені і технологічний процес його виготовлення, і конструкція устаткування.

Цемент вперше був отриманий на початку XIX століття, у 1812-1820 р. Російський військовий інженер Єгор Челиєв розробив спосіб виготовлення цементу зі штучно приготовленої суміші.

Челиєв створив зовсім новий для тодішнього виробництва спосіб виготовлення цементу і розробив конструкції цементно-випалювальної печі й інші механізми для виробництва цементу.

У XIX столітті в Росії були побудовані перші заводи з виробництва цементу в Подольську, поблизу Петербурга, потім у Ризі, Новоросійську й інших місцях.

Однак цементні заводи були маломеханізованими підприємствами. Їхнє устаткування було представлено, в основному, шахтними печами з ручним завантаженням-вивантаженням. Кількість обертових печей було невелике, низькою була і якість цементу.

Великі відкриття, що послужили основою створення нових видів цементу і покращення якості існуючих, відносяться до 60^x - 80^x років.

Найпоширеніші види цементу, що випускаються в даний час - портландцемент, шлакопортландцемент, пуцелановий цемент. Основою всіх цих різновидів цементу є клінкер, одержуваний шляхом випалу в печах сировинної маси. Випал може здійснюватися в шахтних чи обертових печах. Однак у теперішній час широко поширені обертові печі для виробництва цементу по сухому способі. Суцільна технологічна лінія по цьому способі містить у собі наступні процеси:

- 1) здобич сировини і транспортування його в сировинний цех заводу;
- 2) дроблення і помел сировини;
- 3) коректування сировинної маси - доведення шихти до заданого хімічного складу;
- 4) підготовка палива для випалу шихти;
- 5) випал шихти, одержання цементного клінкера і його охолодження;
- 6) помел клінкера й отримання цементу.

У сучасних умовах перед вітчизняною цементною галуззю ставиться задача не тільки по масштабування обсягу випуску готової продукції але і по підвищенню якості виготовленого цементу.

Також необхідно створювати нові, кращі економічні, безвідхідні, екологічно чисті технології, що дозволяють у багато разів покращити ефективність використання ресурсів і зменшити енерго- і матеріалоємність виробництва цементу.

1 ОПИС БАЗОВОЇ МАШИНИ

Обертова піч призначена для використання в технологічних лініях по сухому способі виробництва цементу, а також в інших галузях промисловості, де сировина піддається дробленню, здрібнюванню, сортуванню і випалу (будь-який матеріал).

Конструкція обертової печі модернізована для зниження споживання енергоресурсів.

Застосування п'ятиступінчастого циклонного теплообмінника забезпечує значущу економію теплової й електричної енергії.

У складі запічного теплообмінника застосований двуфоркамерний декарбонізатор для більш ефективного спалювання палива, підвищення ступеня декарбонізації сировинної суміші.

Змішувальна камера має циліндричну форму, що дозволяє знизити, металоємність і підвищити стійкість футеровки.

Пічна система сухого способу виробництва цементного клінкера з попередньою кальцинацією — обертова піч з циклонним теплообмінником, обладнана декарбонізаційним вузлом і воздуходувом третинного повітря.

Грубна система дозволяє отримати клінкер необхідної якості з користуванням у виді палива - природний газ.

Спеціальна конструкція декарбонізаційного вузла допомагає відновленню частини окислів азоту в пічних газах і зменшенню відсотка шкідливих викидів в атмосферу нижче нормативного.

У конструкції обертової печі є новітні технічні рішення. Опори печі виконані з застосуванням підшипників катання, що дозволяє збільшити надійність, зменшити на 15-20 % витрату електроенергії і знизити металоємність і розміри приводного пристрою.

Вварні бандажі дозволяють покращити надійність опорного несущого вузла печі, а також збільшити твердість корпусу печі і термін служби її футеровки.

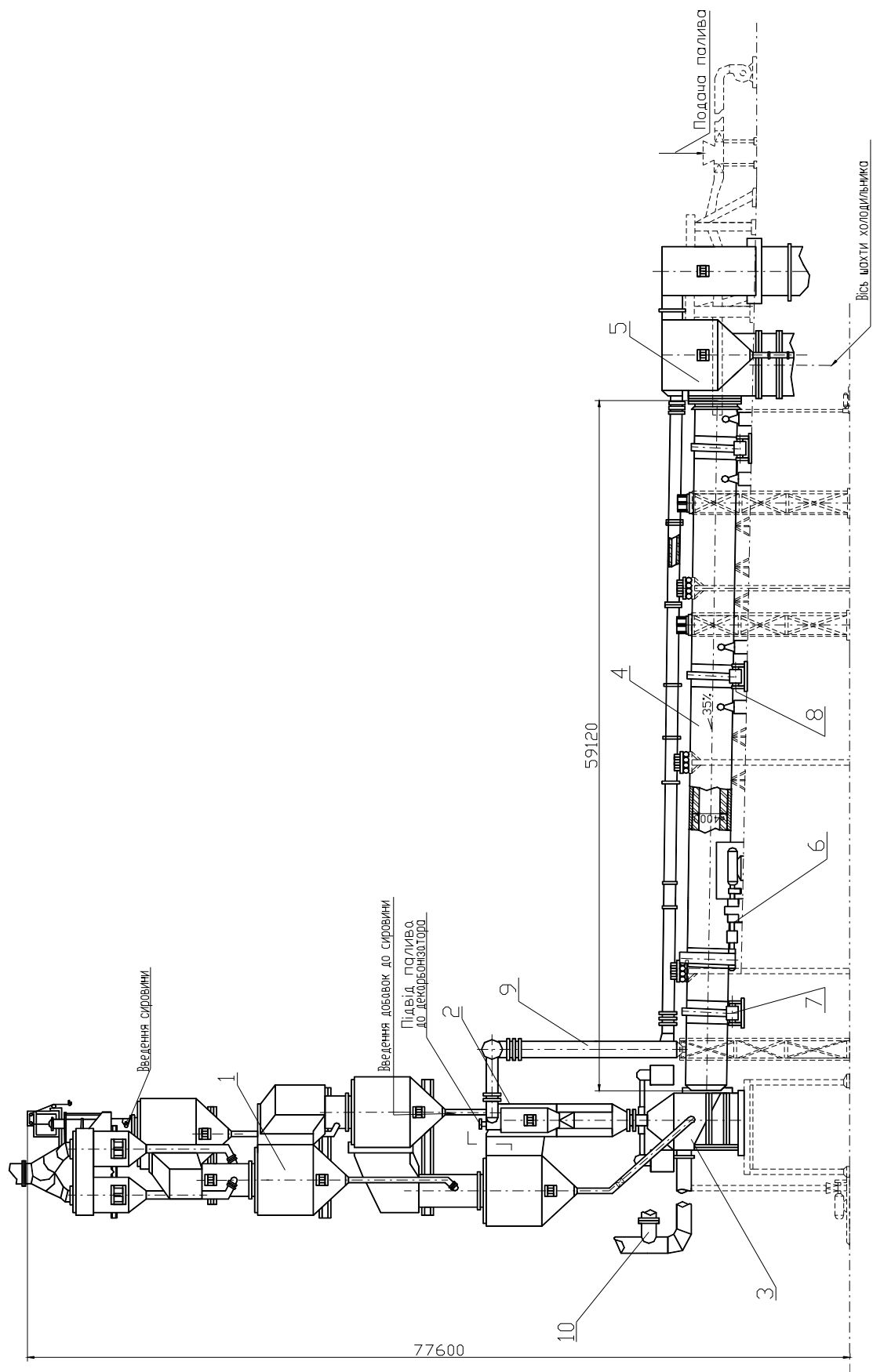


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд обертової печі

На рисунку 1.1 зображено 1-блок циклонних теплообмінників, 2-узел декарбонізатора, 3-загрузочна головка, 4-корпус обертової печі, 5-холодильник, 6-привид печі, 7-опора печі, 8-гідроупор, 9-повитривід.

Система гідравлічних упорів забезпечує зворотно-поступальний рух корпуса печі з метою зменшення і рівномірного зносу поверхонь катання бандажів і опорних чи упорних роликів.

Привод обертової печі має три режими роботи: робоче обертання ($3,2 \text{ хв}^{-1}$; повільне (ремонтне) обертання ($0,2 \text{ хв}^{-1}$) і обертання від мікропривода для автоматичного зварювання кільцевих швів корпуса ($0,023 \text{ хв}^{-1}$). Кожен режим робіт здійснюється від індивідуального привода. Режим "робоче обертання" - від електродвигуна постійного струму через пружну втулочно-пальцеву муфту і циліндричний двоступінчастий редуктор.

З'єднання обертової печі з запічним теплообмінником здійснюється через завантажувальну голівку. Перехідний вузол містить у собі завантажувальний кінець печі з конусом і плитами з жаростійкого матеріалу й ущільнювальні пристрої. Розвантажувальна голівка з'єднує обертову піч з нерухомою шахтою холодильника клінкера й у місці з'єднання з корпусом печі голівка має розширену частину отвором для входу розвантажувального кінця печі. На протилежній торцевій стінці голівки розташовано двері з отвором для введення в піч пальника.

Пристрій для охолодження корпуса печі в зоні спікання заблоковано з установкою контролю температури корпуса печі і запобігання перегріву корпуса печі включенням вентиляторів.

Запічний циклонний теплообмінник призначений для попередньої теплової обробки і часткової декарбонізації сировинного матеріалу шляхом його інтенсивного теплообміну з потоком гарячих газів, що відходять, з печі і декарбонізатора. Циклони теплообмінника мають знижений аеродинамічний опір і підвищений ступінь пиловідділення.

Вихідні патрубки циклонів відрізняються кращою довговічністю і можливістю їхньої заміни.

У газоходах у місцях надходження матеріалу з точок на шляху його потоку встановлені ефективні розпинателі для рівномірного розподілу матеріалу по перерізу газоходу і кращого теплообміну між газами і сировинним борошном.

Декарбонізаційний вузол, що складається з декарбонізатора і змішувальної камери, технологічно і конструктивно зв'язаний із запічним теплообмінником.

Технологічне призначення вузла — забезпечення високого ступеня декарбонізації основного компонента сировинної суміші — вапняку — перед надходженням її в обертову піч.

Декарбонізатор — вертикальна циліндрична камера з двома форкамерами. Тут здійснюється процес швидкого нагрівання сировинного борошна в зваженому стані.

У змішувальній камері гарячі гази декарбонізатора змішуються з потоком пічних газів і відбувається інтенсивний теплообмін, що сприяє більш глибокій декарбонізації сировинного матеріалу. Недопалені частки палива допалюються в змішувальній камері.

Змішаний пилогазовий потік надходить по газоходу в циклон першої ступіні. У випадку важкоспалювального палива передбачений варіант подовженого петлеобразного газоходу.

Подача гарячого повітря (третинної) з холодильника в декарбонізатор для спалювання в ньому палива (до 60%) здійснюється через повітрявід, що значно зменшує розміри печі.

Гарячі гази рухаються за рахунок розрідження, створюваного запічним димосмоком, через усю систему циклонів і газоходів. Тонкоздрібненна сировинна суміш подається в газохід верхньої ступіні теплообмінника і рухається назустріч газовому потоку через циклони і декарбонізатор.

На вході в піч сировинна суміш має температуру 840-860°C и ступінь декарбонізації 85-90%.

В обертовій печі відбувається завершальна теплова обробка сировинної суміші й утворення цементного клінкеру, що надходить у холодильник і проохолоджується повітрям.

Підігріте повітря з холодильника надходить у піч і декарбонізатор і використовується для горіння палива. Гази, що відходять, через запічний димосмок надходять у помольний агрегат і використовуються для підсушування сировини чи в установці випарного охолодження.

Використання в складі обертової печі декарбонізаційного вузла істотно знижує теплове навантаження в печі.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗГЛЯНУТОЇ МАШИНИ

Продуктивність, т/год.	75
Площа внутрішньої поверхні печі по футерівці, м ²	2650
Питома витрата кількості теплоти, кдж/кг	5850
Теплові навантаження	27,2
Знімання клінкера з 1 м ² футеровки, кг/(м ² ·год.)	28
Відношення довжини до діаметра	37
Ухил печі, %	4
Кількість упор	8
Частота обертання печі:	
від головного привода, об/хв.	0,6-1,25
від допоміжного привода, об/год.	4,39
Потужність електродвигуна, кВт	
головного привода	2 x 320
допоміжного привода	2 x 30
Маса, т:	
обертючих частин печі з футерівкою	3550
опорного ролика	24
бандажа	50
Діаметр, м:	
упорного ролика	1,7
бандажа	6,1
цапфи осі ролика	0,7

3 ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

В даний час значною проблемою є абразивні спрацьовування і знос футеровки. Вирішенням цих задач досягається тим, що внутрішня поверхня футеровки містить теплоізоляційний шар у окремих вогнетривких та зносостійких плиток, прикріплених вогнетривким бетоном, що обмежують їх переміщення.

Опис патенту №2126407

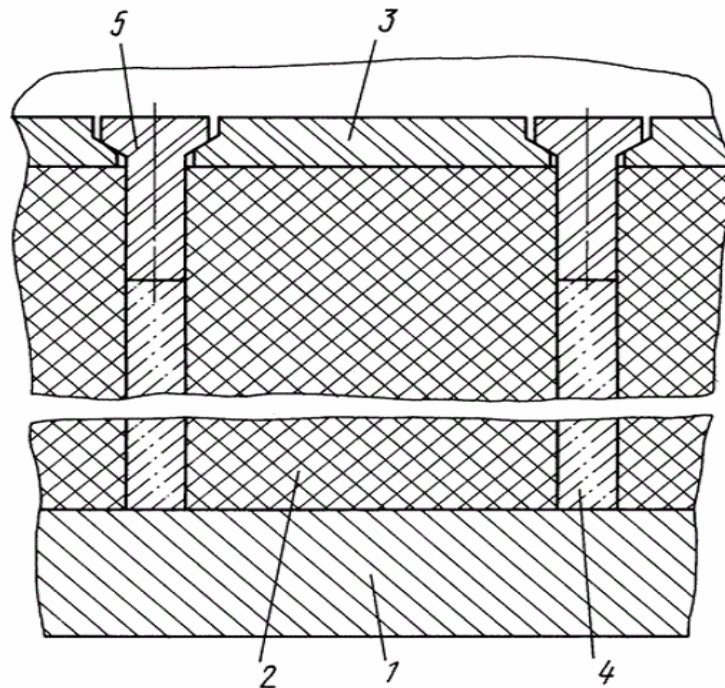


Рисунок 3.1 Удосконалена футерівка обертової печі

1-корпус обертової печі; 2- фасонні цегли; 3-вогнетривка плитка; 4-сполучний матеріал; 5-тримачі.

На рис.3.1 представлена футерівка обертової печі у розрізі. В циліндричному корпусі 1 обертової печі, виконаному з сталі, покладений теплоізоляційний шар із цегли 2 футеровки. На внутрішній поверхні цегли 2, покладеної всередину печі, встановлений теплозахисний шар, виконаний у вигляді окремих плиток 3 з кераміки на основі карбіду кремнію. Між цеглою 2 футерівки за допомогою сполучного матеріалу 4 закріплені тримачі 5, що обмежують переміщення плиток 3. Матеріал, обпалюваний в печі, лежить на плитках 3. Тепло для забезпечення випалу утворюється від згоряння пального газу, що впливає з сопла, встановленого на осі печі (не показано) .

Наявність теплоізоляційних зносостійких плиток в модернізованій конструкції внутрішньої футерівки печі дозволяє краще зменшити руйнівний вплив на вогнетривкий прошарок максимальних температур спікання матеріалу та зменшити до мінімуму абразивний вплив сировини в зоні спікання обертової печі, що в свою чергу підвищить термін служби та експлуатації вогнетривкої футеровки та збільшить міжремонтний проміжок роботи печі.

Також був взятий до уваги інший патент.

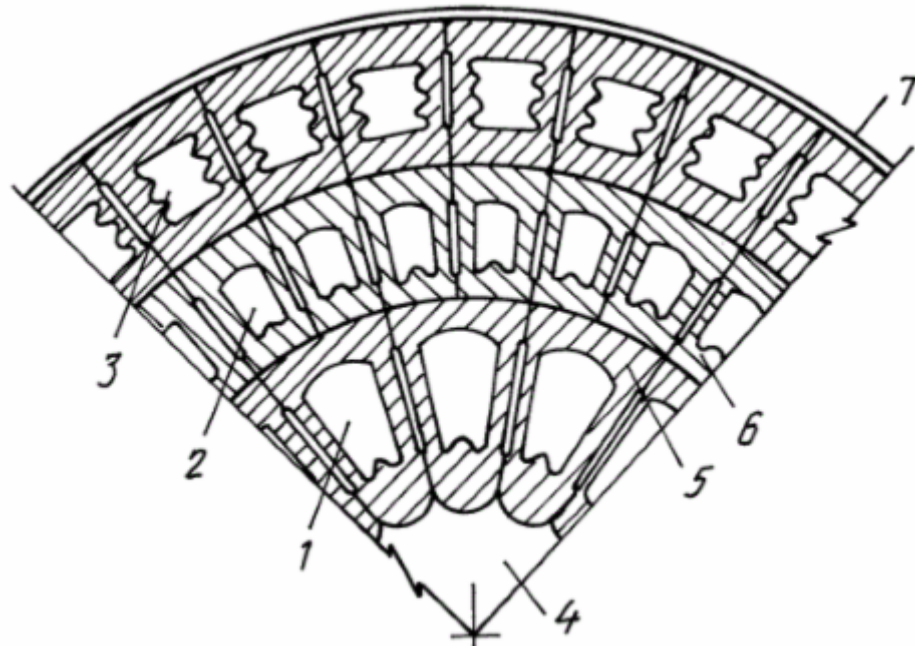


Рисунок 3.2 Багатошарова футерівка печі в розрізі

1,2-жарові канали; 3-повітряний канал; 4-канал печі; 5,6-фасонні цегли; 7-похилий барабан.

Утворена порожньою фасонною цеглою. В футеровці виконаний перший рядок жарових каналів 1, другий рядок жарових каналів 2, третій рядок повітряних каналів 3. Робочий канал 4 зроблений фасонними цеглами футерування жарового каналу 1. Головна стінка між жаровими каналами складається зі стінок 5 і 6 порожньої цегли жарових каналів 1 і 2. Футеровка укладена в похилий барабан, що обертається 7. Футеровка печі працює таким чином. Розпечені до температури 1800 градусів продукти згоряння природного газу надходять через жарові канали 1,2 всередину футерування і віддають тепло фасонним цеглин 5,6 футерівки. Після подолання теплової інерції цеглини

футеровки починають працювати в режимі регенерації теплового потоку. По повітряному каналу 3 проходить, нагріваючись, атмосферне повітря до пальників. У робочому каналі печі 4 утворюється теплове поле, необхідне для термообробки порошкоподібних матеріалів. Для управління розміром температурних зон робочого каналу печі 4 по жаровим каналах 1, 2 проганяється різний обсяг теплоносія і підбирається при конструюванні каналів 1, 2, 3 відповідно різна площа поверхні порожнин при теплопередачі в радіальному напрямку [9].

4 ВИБІР ДВОХ МОДЕРНІЗАЦІЙ

Під час вибору модернізації використовувалися такі сайти як:

- <http://www1.fips.ru>
- <http://www.epo.org>
- <http://www.uipv.org>

Для першої модернізації обрано патент № №2126407. Для другої модернізації була розглянута маса патентів. Один з яких №838283, який був аналогом для патента, який ми вибрали за основу на другу модернізацію.

Основною стратегічною задачею є звичайно, корінне зниження енергоспоживання при виробництві цементу, без якого важко розраховувати на тривалу конкурентноспроможність продукції, що випускається заводами, навіть в умовах підтримки на відносно низькому рівні цін на енергоносії. Використання запічних циклонних теплообмінників дозволило підвищити продуктивність печей сухого способу, а так само різко знизити витрати палива. Циклонний теплообмінник служить для попереднього нагрівання сировинної суміші, за допомогою передачі тепла від нагрітих газів тих, що виходять з печі. Теплопередача залежить від оптимального розподілу сировини у висхідному трубопроводі і видалення з потоку газів в сучасних циклонах.

В результаті цього в 1983 році була введена в експлуатацію піч 4х60 м на Криворізькому цементно – гірському комбінаті. Перевагою циклонних теплообмінників є можливість використання їх при видаленні пилоподібної сировини, що не піддається грануляція, відсутність рухомих частин, простота конструкції, довгий термін служби і висока теплова економічність.

Опис обраного патенту №61855.

Корисна модель відноситься до корпусів обертових печей широко використовуваних в промисловості будівельних матеріалів, чорної і кольорової металургії, хімічної та інших галузях промисловості.

Бандаж обертової печі, що містить окремі сектори суцільного перетину, з'єднані на стиках за допомогою зварного шва, при цьому з'єднання секторів між собою виконано у вигляді «шип-паз» або «ластівчин хвіст», розміщені в області

нейтрального шару поперечного перерізу, з подальшою заваркою стику дугового зварюванням з зовнішньої і внутрішньої поверхні бандажа.

Бандаж обертової печі дозволяє збільшити запас міцності з'єднання окремих секторів бандажа.

Корисна модель відноситься до корпусів обертових печей широко використовуваних у виробництві будівельних матеріалів, чорної і кольорової металургії, хімічної та інших галузях промисловості.

Відома конструкція бандажів (А.І.Боганов «обертаються печі цементної промисловості». Машиностроении. М. 1965.) - бандажі сучасних обертових печей мають суцільний переріз прямокутної форми, при якому вони просто відливаються, легко обробляються і відрізняються надійністю в роботі. На корпус печі бандажі насаджуються вільно але з встановленням пристроїв, що перешкоджають переміщенню їх в осьовому напрямку. Для обертових печей великих діаметрів бандажі виготовляються з двох половин (полубандажей), що зварюються по стику на монтажі електрошлакового зварюванням.

Найбільш близьким за технічною сутністю і досягається результату до корисної моделі є бандаж обертової печі (СРСР а.с. №838283, опубл. 15.06.1981, F 27 В 7/22), що містить окремі сектори з'єднані на стиках за допомогою зварного шва, при цьому сектора виконані з канавками округлої форми, розміщені на стиках секторів на відстані від зовнішнього діаметра бандажа, що дорівнює величині допускається зносу бандажа, а зварений шов розташований від внутрішньої поверхні бандажа до канавки.

Недоліками відомих технічних рішень є те, що при складанні та зварюванні бандажа на монтажі не вдається забезпечити круглість поверхні катання бандажа. В процесі експлуатації відбувається зношування бандажа і опорних роликів в результаті виникнення биття бандажа на опорних роликах через відхилення поверхні кочення від окружності, що знижує надійність і довговічність експлуатації бандажа обертової печі.

Створення замкнутої конструкції бандажа електрошлаковою зваркою, вимагає використання складного обладнання, що веде до її подорожчання.

Завданням корисної моделі є підвищення надійності стикового з'єднання бандажа і зниження собівартості конструкції.

Технічний результат полягає в збільшенні запасу міцності з'єднання окремих секторів бандажа.

Технічний результат досягається тим, що бандаж обертової печі, що містить окремі сектори суцільного перетину, з'єднані на стиках за допомогою зварного шва, при цьому з'єднання секторів між собою виконано у вигляді «шип-паз» або «ластівчин хвіст», розміщені в області нейтрального шару поперечного перерізу, з подальшою заваркою стику дугового зварювання плавленням з зовнішньої і внутрішньої поверхні бандажа.

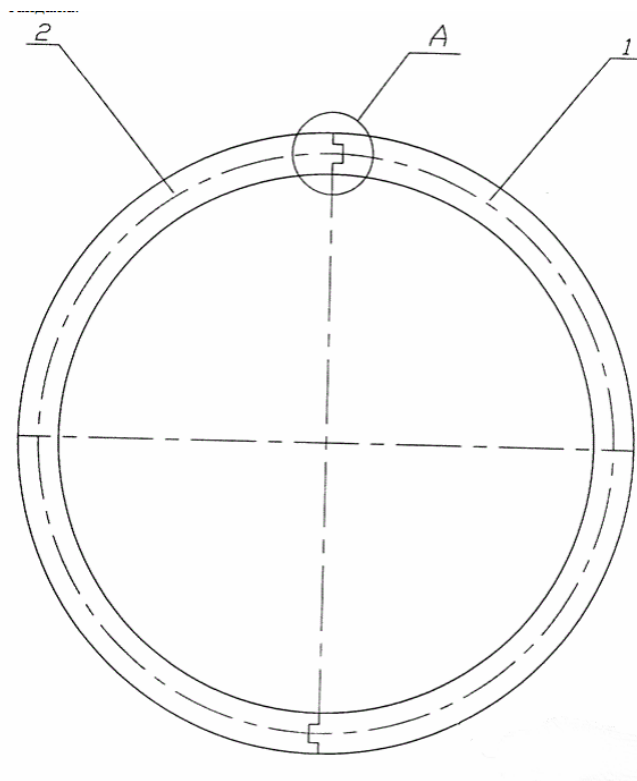


Рисунок 4.1 - Конструкція бандажа, загальний вигляд

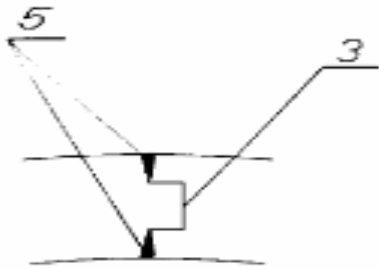


Рисунок 4.2 - з'єднання за схемою «шип-паз»;

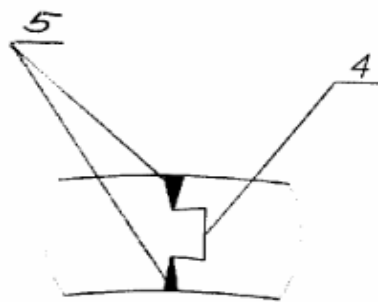


Рисунок 4.3 - з'єднання за схемою «ластівчин хвіст».

Бандаж складається з двох половин (однакових підлозі бандажів) 1 і 2. Торці полубандажей виконані так, щоб при їх при складанні під зварювання стиків вони утворили в місці стику з'єднання типу «шип-паз» 3 або «ластівчин хвіст» 4, зварні шви 5 виконані з зовнішньої і внутрішньої поверхні бандажа. З'єднання 3 і 4 виконані в районі нейтрального шару поперечного перетину (суцільного прямокутного) - в області низьких нормальних напружень (при вигині).

Пропонований пристрій працює таким чином.

В процесі експлуатації обертової печі бандаж піддається згину. Найбільші напруги (ізгібніе і контактні) виникають в місці контакту бандажа з опорним роликом. Як показали розрахунки, з умови забезпечення контактної міцності нагрітого бандажа, розміри попереченого перетину виявляються достатніми і для виконання умови загальної міцності (контакт плюс вигин), при цьому запас міцності перевищує необхідний. Отже, замість суцільного, прямокутного перетину можна розглянути поперечний переріз - прямокутне з вирізом. Виріз виконаний в області нейтрального шару (центра ваги прямокутного перетину) і визначає розмір з'єднання «шип-паз» і 3 або «ластівчин хвіст» 4.

Збірка складовою конструкції бандажа здійснюється в наступній послідовності:

1) замикання полубандажей в з'єднаннях типу «шип-паз» 3 або «ластівчин хвіст» 4; це з'єднання забезпечує круглость поверхні катання бандажа.

2) дугова зварка стиків (виконаних з обробленням кромки), з зовнішньої і внутрішньої поверхні бандажа 5.

Пропоноване пристрій в порівнянні з прототипом дозволить:

1) виключити електрошлакового зварювання з процесу створення замкнутої конструкції бандажа;

2) зварити стики полуби.

5 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Вихідні дані:

Піч сухого способу виробництва.

Діаметр $D=4$ м.

Довжина $L=60$ м.

Частота обертання $n=1,15$ об/хв.

Уклон печі $i.=4\%=0,04$.

Кількість опор — 3.

5.1 Параметричні розрахунки

Частота обертання шестерні:

$$n_{ш} = \frac{n_{зл.дв}}{i_p} = \frac{750}{75,82} = 9,9 \text{ об/хв.}$$

Швидкість зацеплення:

$$g_{ш} = \frac{\pi \times d_{ш} \times n_{ш}}{60} = \frac{3,1415 \times 0,05 \times 25 \times 9,9}{60} = 0,65 \text{ м/с.}$$

Формула перевірного розрахунку для прямозубої циліндричної передачі має такий вигляд:

$$\sigma_F = Y_F \times k_\beta \times k_g \times \frac{2 \times 10^3 \times M_1}{m^2 \times z_1 \times b} < [\sigma_F],$$

де Y_F - коефіцієнт форми зуба, $Y_F=3,88$ при $z_1=25$ і нульовому коефіцієнті зсуву;

k_β - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження по ширині вінця зубчастого колеса, $k_\beta=1,04$ при $\psi_d = \frac{b}{d_{ш}} = \frac{800}{1250} = 0,64$ і $HB < 350$;

$d_{ш}$ - початковий діаметр шестерні, $d_{ш}=m \cdot z_1=50 \cdot 25=1250$ мм;

k_v - коефіцієнт динамічного навантаження; при $v < 1$ м/с, дев'ятого класу точності передачі, твердості поверхонь колеса $HB < 350$ і шестірни $HB>350$, $k_v=1.13$;

$[\sigma_F]_{ш}$ — допустиме напруження на згин для зубів,

$$[\sigma_F]_{ш} = \frac{\sigma_{lim} \times k_L \times k_c}{s} = \frac{600 \times 1,1 \times 1}{3} = 220 \text{ МПа},$$

де σ_{lim} — границя витривалості зубів при вигині, що відповідає базовому числу циклів навантаження, при твердості серцевини $HV_{ш} > 370$,

$$\sigma_{lim} = 1,35 \times HV + 100 = 1,35 \times 370 + 100 = 600 \text{ МПа};$$

k_c — коефіцієнт, що враховує вплив двостороннього додатка навантаження на зуби, при однобічній дії $k_c = 1$;

k_L -коefficient довговічності, при тривалості роботи передачі понад 5 років безупинної роботи можна приймати $k_L = 1$;

s - коефіцієнт безпеки, $s = 1,7 \dots 2,2$; для відкритої зубчастої передачі, підданої абразивного зносу, збільшуємо коефіцієнт безпеки приблизно на 50 % і приймаємо $S_{ш} = 3$.

Після підстановки у формулу перевірного розрахунку одержимо:

$$\sigma_{F_{ш}} = 3,88 \times 1,04 \times 1,13 \times \frac{2 \times 10^3 \times 0,92 \times 10^5}{50^2 \times 25 \times 800} = 16,8 \text{ МПа}.$$

Для колеса:

$$\sigma_{F_k} = 3,6 \times 1,04 \times 1,13 \times \frac{2 \times 10^3 \times 6,77 \times 10^5}{50^2 \times 184 \times 800} = 15,6 \text{ МПа},$$

де $Y_{Fk} = 3,6$; $k_\beta = 1,04$; $k_v = 1,13$.

$$M_k = M_1 \times i = 0,92 \times 10^5 \times 184 / 25 = 6,77 \times 10^5 \text{ Н} \times \text{м}.$$

$$[\sigma_F]_k = \frac{330 \times 1 \times 1}{3} = 110 \text{ МПа, при } z_2 = 184; k_L = 1; k_c = 1; S = 3;$$

$$\sigma_{lim.k} = 1,35 \times 170 + 100 = 330 \text{ МПа}.$$

Отже, міцність зубів на згин достатня.

Потужність приводу обертання печі.

Для визначення потужності розраховуємо моменти сил опору обертанню печі. Момент, викликаний позацентрово розташованим у печі матеріалом:

$$M_1 = G_m \times a = 0,575 \times 10^6 \times 0,7 = 0,4 \times 10^6 \text{ Н} \times \text{м},$$

де G_m — вага матеріалу в печі,

$$G_m = F_m \times \rho_{cp} \times g \times L = 0,81 \times 1,2 \times 10^3 \times 9,81 \times 60 = 0,575 \times 10^6 \text{ Н};$$

a — відстань від вертикальної осі перерізу печі до центра ваги перерізу матеріалу,

$$a = R_0 \times \sin(\psi) = 1,512 \times \sin(27^\circ) = 0,7 \text{ м},$$

де ψ —кут укосу матеріалу в печі, $\psi=27^\circ$.

Площа матеріалу в печі:

$$F_m = \frac{\pi \times D_{cp}^2}{4} \times \varphi = \frac{3,1415 \times 3,6^2}{4} \times 0,08 = 0,81 \text{ м}^2;$$

Відстань від центра ваги перерізу матеріалу до осі обертання R_0 можна знайти за допомогою мал. 1.1.

$$\text{Відповідно при } \varphi=0,08, \Delta = \frac{R_0}{R_{cv}} = 0,84.$$

$$\text{Оскільки } R_{cv} = \frac{D_{cv}}{2} = \frac{3,6}{2} = 1,8 \text{ м, то } R_0 = R_{cv} \times \Delta = 1,8 \times 0,84 = 1,512 \text{ м.}$$

5.2 Кінематичні розрахунки

Продуктивність печі.

Виходячи з теплової потужності по формулі:

$$П = \frac{3,6 \times N_T}{q_n} = \frac{3,6 \times 0,38 \times 10^5}{3600} = 38 \text{ т/год},$$

де q_n — питома витрата тепла на випал клінкера, $q_n=3600$ кДж/кг клінкера;

N_T — теплова потужність печі, по формулі:

$$N_T = k_N \times D_{cv}^2 \times L \times k_{II} = 45 \times 3,6^2 \times 60 \times 0,97 = 0,38 \times 10^5 \text{ кВт},$$

де $k_N=45$ — для печей сухого способу виробництва;

D_{cv} — діаметр печі у світлі.

$$D_{cv} = D - 2 \times \delta = 4 - 2 \times 0,2 = 3,6 \text{ м},$$

де δ — товщина футеровки в зоні спікання, $\delta=200$ мм;

k_{II} —поправочний коефіцієнт, $k_{II}=0,97$.

Теплову напругу в зоні спікання перевіряємо, використовуючи вираз:

$$\sigma_T = \frac{4 \times N_T}{\pi \times D_{cv}^2} = \frac{4 \times 0,38 \times 10^5}{3,1415 \times 3,6^2} = 3727 \text{ кВт/м}^2.$$

Отриманий результат не перевищує припустимих значень (до 6000 кВт/м² для сухого способу виробництва).

Продуктивність печі як транспортуючого агрегату розраховуємо по формулі:

$$П = \frac{\pi \times D_{cv}^2}{4} \times \varphi \times \rho_{cp} \times g_{cp} = \frac{3.1415 \times 3,6^2}{4} \times 0,08 \times 1,2 \times 10^3 \times 37,31 = 36,46$$

т/год.

Тут середня швидкість руху матеріалу в печі

$$g_{cp} = \pi \times D_{cv} \times i \times n \times 60 = 3,1415 \times 3,6 \times 0,035 \times 1,15 \times 60 = 37,31 \text{ м/год},$$

де - середня густина матеріалу $\rho_{cp}=1,2 \cdot 10^3$ кг/м³;

- середній коефіцієнт заповнення перерізу печі $\varphi=0,08$.

Момент сил тертя катання бандажа по роликах:

де z_p —число опорних роликів, $z_p=6$;

Рисунок 5.2 - Кінематична схема приводу печі

Для печі 4×60 м приймаємо однобічний привід. Головний редуктор печі має передаточне число $i_p=75,82$, тоді передаточне число відкритої зубчастої передачі:

$$i_{з.п} = \frac{i_{зл.пр}}{i_p} = \frac{643,48}{75,82} = 8,5.$$

Потужність допоміжного приводу, що забезпечує частоту обертання печі $n_{всп}=3,24$ об/год, чи $n_{всп}=0,054$ об/хв, визначимо, припустивши, що обертальний момент, на осі печі однаковий при обертанні її від головного і від допоміжного приводів:

$$N_{дон} = \frac{N_{зл} \times n_{дон}}{n \times \eta_{дон}} = \frac{100 \times 0,054}{1,15 \times 0,96} = 14,9 \text{ кВт},$$

де $\eta_{дон}=\eta_{з.п}=0,98^2=0,96$ -к.к.д. допоміжного приводу.

Приймаємо асинхронний закритий двигун, що обдувається, 4A16OS4Y3 , для якого $N_{дв.дон}=15$ кВт, $n_{дв.дон}=1500$ об/мин, $k_{max}=2,2$.

Необхідне передаточне число редуктора допоміжного приводу:

$$i_{дон} = \frac{n_{дв.дон}}{n_{дон} \times i_{зл.пр}} = \frac{1500}{0,054 \times 643,48} = 39,4.$$

Обертовий момент на тихохідному валу цього редуктора:

$$M_{вых.дон} = M_{кр.зл} = 9600 \times \frac{N_{дв.дон} \times \eta_{дон} \times i_{дон}}{n_{дв.дон}} = 9600 \times \frac{15 \times 0,96 \times 39,4}{1500} = 3631 \text{ Н}\times\text{м}.$$

Приймаємо редуктор Ц2У-315Н циліндричний двоступінчастий з зачепленням Новикова і передаточним числом $i_p=40$, що допускає момент на тихохідному валу $M_T=7800$ Н×м.

5.3 Розрахунки на міцність

Розрахунок відкритої зубчастої передачі.

Перевірку міцності проводимо по напруженнях згину. При цьому вихідними даними для розрахунку вважаємо: модуль передачі $m=50$ мм; кількість зубів шестірні $z_1=25$; кількість зубів колеса $z_2=184$; передатне відношення $i_{з.п}^{\phi}=7,36$; робоча ширина вінця $b=800$ мм. Ступінь точності -9, матеріал шестірні - сталь 50, колеса - сталь 50Л. Твердість шестірні HB 370, колеса HB 170.

Обертальний момент на шестірні визначаємо по формулі:

$$M_1 = 9600 \times \frac{N_{зл} \times \eta_{зл} \times i_{зл}}{n_{дв.зл}} = 9600 \times \frac{100 \times 75,82 \times 0,95}{750} = 0,92 \times 10^5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Обертальний момент на колесі:

$$M_2 = M_1 \cdot i_{з.п}^{\phi} = 0,92 \times 10^5 \times 7,36 = 6,8 \times 10^5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Розрахунок підвенцової шестерні на міцність.

Цей розрахунок проводимо відповідно до розрахункової схем, яка представлена на рис.5.2.

Визначаємо окружне зусилля:

$$P_0 = \frac{2 \times M_T}{d_{ш}} = \frac{2 \times 0,92 \times 10^5}{1,25} = 1,47 \times 10^5 \text{ Н}.$$

$$\text{Розпірне зусилля } T = P_0 \times \text{tg}(\alpha) = 1,47 \times 10^5 \times \text{tg}(20^\circ) = 0,8 \times 10^5 \text{ Н}.$$

Сумарна згинаюча вал сила:

$$P_{\text{сум}} = \sqrt{P_0^2 + T^2} = \sqrt{(1,47 \times 10^5)^2 + (0,8 \times 10^5)^2} = 1,57 \times 10^5 \text{ Н},$$

де α — кут зачеплення, $\alpha=20^\circ$.

Оскільки вага шестірні складає приблизно 10^5 Н, округляємо значення $P_{\text{сум}}$ до 2×10^5 Н, тоді опорні реакції $R_A=R_B=1 \times 10^5$ Н.

5.4 Теплові розрахунки

Вихідні дані

Діаметр печі $d = 4$ м;

Загальна поверхня теплообміну $F_{\text{п}} = 4650 \text{ м}^2$;

Теплова потужність печі $\theta_{\text{п}} = 502 \cdot 10^6$ кдж/год;

Нижча теплота згоряння палива $Q_{ниж}^p = 21520 \text{ кДж / кг}$;

Вологість шламу $W_m = 1\%$;

Питома витрата сухої сировини $G_M^{сух} = 1,48 \text{ м}^3 / \text{кг} \cdot \text{клинкера}$

Вихід продуктів горіння $V_r = 6,53 \text{ Н} \cdot \text{м}^3 / \text{кг тон}$;

Тепломісткість повітря і палива, що надходять у піч

$$g_z' = 1037,5 \text{ кДж / кг} \cdot \text{клинкера};$$

Втрати тепла в навколишнє середовище $g_{втр} = 824,8 \text{ кДж / кг} \cdot \text{клинкера}$.

Розбивка печі на зони

Прийнятий в розрахунку розподіл печі на зони показаний в табл. 3.1, у якій приведені температури матеріалу на границях зон, фізико-хімічні перетворення, константи матеріалу й ін.

Нумерацію зон ведемо від гарячого кінця.

Прийнято, що ступінь осадження пилу в зоні дорівнює 50% і, отже, кількість пилу, що циркулює в печі, дорівнює кількості пилу, що виноситься з неї; пил, уловлений у системі газоочистки, повертається в зону печі. Загальна кількість пилу, що виділяється в печі, дорівнює:

$$G_{пл}^{заг} = G_M^{сух} \frac{(10 + 10)}{10} = 1,48 \cdot 0,2 = 0,296 \text{ м}^3 / \text{кг} \cdot \text{клинкера}.$$

№ зони	Температура матеріалу		Фізико-хімічні процеси	Виділення пилу матеріалу в %	Присадка до матеріалу в %		Втрати тепла в навк. середовищі
	200	300	Нагрівання палива і повітря до темп. запал. 700°C. Охолодження клінкера.	-			2 9,4
	300	400	Горіння палива. Охолодження клінкера. Застигання рідкої фази.	-			5 4,6
	400	300	Горіння палива, утворення 20% рідкої фази, 75% C ₃ S	-			6 3
	50	00	Декарбонізація CaCO ₃ - 70%. Утворення C ₂ S-80%	40		5	2 52
	00	00	Випар води 1,6%	10		5	1 26
	00	0	Випар води 98,4%	40	0	5	6 3

Склад газу:

$CO_2=0,12\%$; $CH_4=91,5\%$; $C_2H_6=4,0\%$; $C_3H_8=1,6\%$; $C_4H_{10}=0,28\%$;
 $C_5H_{12}=0,13\%$; $N_2=2,39\%$;

Теплота згорання газу $Q^p_{\text{низ}} - 8929 \text{ кДж/нм}^3$;

Витрати сухої сировини на 1 кг клінкера $G^{\text{сух}}_{\text{м}} - 1,565 \text{ кг/кг клінкера}$;

Витрати при прокалюванні сухої сировини - 35,5%;

Вологість шламу $W_M = 1,0\%$;

Ступінь дисоціації CaCO_3 в циклонних теплообмінниках $y=15\%$;

Температура горючого газу, який надходить до пічної установки, $t_r = 10^\circ\text{C}$;

Кількість повітря, яке надходить під решітку холодильника, $V_{\text{вх}}$ - $2,8 \text{ нм}^3/\text{кг кл}$;

Температура пилу, повертаємої в процес $t_{\text{пл}} = 40^\circ\text{C}$;

Присос повітря через отвори у головці печі - 5% ; від загальної кількості повітря, застосовуємо для горіння палива;

Температура навколишнього повітря - $t_b = 15^\circ\text{C}$;

Середня температура сировинної шихти, яка надходить до 1 циклону, $t_m = 40^\circ\text{C}$;

Температура газів на виході з холодильника $t_r^{\text{отх}} = 330^\circ\text{C}$;

Температура клінкеру на виході з холодильника $t_{\text{кл}}^x = 100^\circ\text{C}$;

Температура зайвого повітря, викидаємого з холодильника в атмосферу, $t_{\text{атм}} = 170^\circ\text{C}$;

Тепловий ефект клінкероутворення $q_p=439,3 \text{ кДж/кг кл}$;

Кількість першого повітря - 25% від загальної витрати повітря на горіння;

Температура клінкеру на виході з печі - $t_{\text{кл}}^{\text{п}} = 1200^\circ\text{C}$;

Коефіцієнт зайвого повітря - за піччю - $1,1\%$, перед 4 циклоном - $1,2\%$, за 4 циклоном - $1,3\%$, за 3 циклоном - $1,4$; за 2 циклоном - $1,5$, за 1 циклоном - $1,6$;

Коефіцієнт корисної дії електрофільтру $\eta_{\text{елф}}=0,95$, циклонів: 1- $0,9$; 2 - $0,7$; 3- $0,7$; 4 - $0,7$; 595-схована теплота паротворення води при 0°C у кДж

Витрати тепла в навколишнє середовище, кДж/кг кл : піччю - 120 ; пильною камерою 5; 1 циклоном - 4 ; 2 циклоном - 6 ; 3 циклоном - 8 ; 4 циклоном - 10 ; холодильником - 10 ;

Уніс пилу з печі в $\%$ від сухого матеріалу $z=15$,

Теоретична витрата повітря

$$[V_e^*] = 0,0238(4CH_4 + 7C_2H_8^p + 13C_4H_{10} + 16C_5H_{12}) = 0,0238(4 \cdot 91,5 + 7 \cdot 4,0 + 10 \cdot 1,6 + 13 \cdot 0,28 + 16 \cdot 0,13) = 9,92 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3 \text{ газа.}$$

Практична витрата повітря

$$V_{\epsilon}^* = \alpha[V_{\epsilon}^*] = 9,92 \cdot 1,1 = 10,91 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3 \text{ газа.}$$

Вихід продуктів горіння

$$[V_{CO_2}^{T*}] = 0,01(CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + 4C_4H_{10} + 5C_5H_{12} + CO_2) = 0,01(91,5 + 2 \cdot 4,0 + 3 \cdot 1,6 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,13 + 0,12) = 1,06 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3 \text{ газа.}$$

$$[V_{N_2}^{T*}] = 0,79V_B^* + 0,01N_2 = 0,79 \cdot 10,91 + 0,01 \cdot 2,39 = 8,64 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3 \text{ газа.}$$

$$V_{O_2}^{T*} = 0,21(\alpha - 1)[V_B^*] = 0,21(1,1 - 1)9,92 = 0,208 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3 \text{ газа.}$$

$$V_{H_2O}^{T*} = 0,01(2CH_4 + 3C_2H_6 + 4C_3H_8 + 5C_4H_{10} + 6C_5H_{12}) = 0,01(2 \cdot 91,5 + 3 \cdot 4,0 + 4 \cdot 1,6 + 5 \cdot 0,28 + 6 \cdot 0,13) = 2,04 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3 \text{ газа.}$$

Вихід газоподібних продуктів із сировини

Загальна кількість CO₂, виділене із сировинної шихти,

$$G_{CO_2}^M = \frac{G_M^{cyx}(n.n.n)_M}{100} = \frac{1,565 \cdot 35,5}{100} = 0,556 \text{ кг} / \text{кг кл.}$$

або

$$V_{CO_2}^M = \frac{G_{CO_2}^M}{\gamma_{CO_2}} = \frac{0,556}{1,977} = 0,281 \text{ нм}^3 / \text{кг кл.}$$

Кількість CO₂, виділившись в циклонному теплообміннику 4 ступені,

$$G_{CO_2}^{IV} = \frac{G_{CO_2}^M y}{100} = \frac{0,556 \cdot 15}{100} = 0,083 \text{ кг} / \text{кг кл.}$$

або

$$V_{CO_2}^{IV} = \frac{G_{CO_2}^{IV}}{\gamma_{CO_2}} = \frac{0,083}{1,977} = 0,042 \text{ нм}^3 / \text{кг кл.}$$

Кількість CO₂, виділившись в обертовій печі,

$$G_{CO_2}^{II} = G_{CO_2}^M - G_{CO_2}^{IV} = 0,556 - 0,083 = 0,473 \text{ кг} / \text{кг кл.}$$

або

$$V_{CO_2}^{IV} = V_{CO_2}^M - V_{CO_2}^{IV} = 0,281 - 0,042 = 0,239 \text{ нм}^3 / \text{кг кл.}$$

Кількість водяних парів

$$G_{H_2O}^M = \frac{G_M^{cyx} W_M}{100 - W_M} = \frac{1,565 \cdot 1,0}{100 - 1,0} = 0,0158 \text{ кг} / \text{кг кл.}$$

$$V_{H_2O}^M = \frac{G_{H_2O}^M}{\gamma_{H_2O}} = \frac{0,0158}{0,805} = 0,019 \text{ нм}^3 / \text{кг кл.}$$

Кількість пилю, який проходить через циклонні теплообмінники

Кількість пилю, який виноситься газами із обертової печі,

$$G_{пл}^П = \frac{(1 + G_{CO_2})z}{1 - z} = \frac{(1.0 + 0.473)15}{100 - 15} = 0.26 \text{ кг / кг кл.}$$

Кількість пилю, осівшої у циклоні IV ступені,

$$G_{ос}^{IV} = 1.0 + G_{CO_2}^П + G_{пл}^П = 1.0 + 0.473 + 0.26 = 1.733 \text{ кг / кг кл.}$$

Загальна кількість пилю яке потрапляє до циклону IV ступені,

$$G_{вых}^{IV} = G_{об}^{IV} - G_{ос}^{IV} - G^{IV}_{CO_2} = 2.594 - 1.733 - 0.083 = 0.778 \text{ кг / кг кл.}$$

Результати обчислень потоків матеріалу в циклонах зведені в Табл. .

Витрати повітря, який надходить в пічну установку, на 1 кг клінкеру.

Практичні витрати повітря на горіння

$$V_B = V_B^* V_T = 10.91 V_T \text{ нм}^3 / \text{кг кл.}$$

Кількість повітря, яке присмоктується через головку печі,

$$V_B^{2.к} = 0.05 V_B = 0.05 \cdot 10.91 V_T = 0.545 \text{ нм}^3 / \text{кг кл.}$$

Кількість повітря, яке надходить за піччю по тракту циклонів,

$$V_B^{хк} = [V_B](\alpha_{цик}^I - \alpha_{П}) V_T = 9.92(1.6 - 1.1) V_T = 4.96 V_T \text{ нм}^3 / \text{кг кл.}$$

Загальна кількість повітря, яке надходить в пічну установку,

$$V_B^{об} = V_{B.X.} + V_B^{2.к.} + V_B^{х.к.} = 2.8 + 0.545 V_T + 4.96 V_T = 2.8 + 5.5 V_T = 4.96 V_T \text{ нм}^3 / \text{кг кл.}$$

Кількість залишкового повітря, яке викидається в атмосферу

$$V_B^{изб} = V_{B.X.} + V_B^{2.к.} - V_B = 2.8 + 0.545 V_T + 10.91 V_T = 2.8 + 10.365 V_T = 4.96 V_T \text{ нм}^3 / \text{кг кл.}$$

Тепловий баланс пічної установки

Тепло згоряння палива

$$q_{П} = V_T Q_{низ}^P = V_T \cdot 8929 \text{ кДж / кг кл.}$$

Фізична теплоємність палива

$$q^{\phi} = V_T c_T t_T = V_T \cdot 0.385 \cdot 10 = 3.85 V_T$$

Тепломісткість сировини

$$q_M = (G_M^{сyx} c_M + G_W^M) t_M = (1.565 \cdot 0.22 + 0.0158) \cdot 40 = 14.5 \text{ кДж/кг кл.}$$

Тепломісткість повітря

$$q_B = V_B^{об} c_B t_B = (2,8 + 5,5V_T) \cdot 0,31 \cdot 15 = 13,0 + 25,6V_T \text{ кДж/кг кл.}$$

Тепловий ефект клінкероутворення $q_p = 439,3 \text{ кДж/кг кл.}$

Втрата тепла на випал води з сировини

$$q_w^M = G_w^M \cdot 595 = 0,0158 \cdot 595 = 9,4 \text{ кДж/кг кл.}$$

Втрата тепла з газами, які відходять

$$q_{г^{отх}} = [(V_{CO_2}^T + V_{CO_2}^M) \cdot c_{CO_2} + V_{N_2}^T c_{N_2} + V_{O_2}^T c_{O_2} + (V_{H_2O}^T + V_{H_2O}^M) \cdot c_{H_2O} + V_B^{x.k} c_B] \cdot t_{г^{отх}} = [(1,06V_T + 0,281) \cdot 0,4535 + 8,68V_T \cdot 0,3136 + 0,208V_T \cdot 0,3255 + (2,04V_T + 0,019) \cdot 0,3685 + 4,96V_T \cdot 0,316] \cdot 330 = 1843V_T + 44,3 \text{ кДж/кг кл.}$$

Втрата тепла з винесом

$$q_{пл} = \eta_{эф} \cdot 0,29 \cdot c_{пл} (t_{г^{отх}} - t_{пл}) + (1 - \eta_{эф}) \cdot 0,29 \cdot c_{пл} \cdot t_{г^{отх}} = 0,95 \cdot 0,29 \cdot 0,25 \cdot (330 - 40) + (1 - 0,95) \cdot 0,29 \cdot 0,25 \cdot 330 = 21,1 \text{ кДж/кг кл.}$$

0,29 кг/кг кл – кількість пилу який виносять гази з І циклону (табл. 49)

Втрата тепла з клінкером

$$q_{кл} = c_{кл} t_{кл} = 0,188 \cdot 100 = 18,8 \text{ кДж/кг кл.}$$

Втрата тепла з повітрям, яке виходить з холодильника

$$q_B^{изб} = V_B^{изб} c_B t_B^{изб} = (2,8 - 10,365V_T) \cdot 0,31 \cdot 170 = 147 - 546V_T \text{ кДж/кг кл.}$$

Втрата тепла у навколишнє середовище $q_{пот} = 163 \text{ кДж/кг кл.}$

З рівняння теплового балансу знаходимо V_T :

$$8929V_T + 3,85V_T + 14,5 + 13,0 + 25,6V_T = 439,3 + 9,4 + 1843V_T + 44,3 + 21,1 + 18,8 + 147 - 546V_T + 163;$$

$$V_T = 0,1064 \text{ нм}^3/\text{кг кл.}$$

Таблиця 5.2

Потоки матеріалу в циклонах

Назва	Од. вим.	I циклон	II циклон	III циклон	IV циклон	Пильна камера	Оберт. піч
Кількість пилу, який надходить з газами	кг/кг кл	1,1	1,0	0,778	0,26	-	-
Кількість пилу, який надходить з наступного циклону або бункеру сировинної шихти		1,84	2,65	2,556	2,334	-	-
Загальна кількість пилу, який надходить до циклону		2,94	3,65	3,334	2,594	-	-
Кількість яка осіла в циклоні		2,65	2,556	2,334	1,733	-	-
Кількість пилу, який виходить з циклону з газами		0,29	1,1	1,0	0,778	-	-

Таблиця 5.3

Тепловий баланс

Приход тепла			Витрати тепла		
Назва	Дж/к г кл.		Назва	к Дж/кг кл.	
Тепло від згорання палива			Теоретичне	439,3	4,8

	50	6,9	тепло клінкероутворення		
Фізичне тепломісткість палива	0,4	0,04	Втрата тепла на випал води	9,4	0,96
Тепломісткість сировини	14,5	1,46	Втрата тепла газами, які відходять	240,3	4,55
Тепломісткість повітря	15,8	1,6	Втрата тепла з уносом	21,1	15
			Втрата тепла з клінкером	18,8	1,9

Питомі витрати тепла на обжиг

$$q_{\text{п}} = Q_{\text{низ}}^{\text{р}} V_{\text{т}} = 8929 * 0,1064 = 950 \text{ кДж/кг кл.}$$

Статті теплового балансу зведені до таблиці 2.3.

6 МОДЕРНІЗАЦІЯ ФУТЕРОВКИ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ

6.1 Розробка 3D-моделі базової та модернізованої обертової печі

Побудова 3D-моделі виконується в програмному середовищі «САТІА». Кожний елемент виконується у вигляді 2D ескізу та за допомогою потрібних команд змінено в об'ємну деталь. Після побудови всіх конструктивних елементів конструкції, їх було долучено до збірки, де вони були встановлені свої положення та задані потрібні залежності для моделювання цілої конструкції.

Поетапне виконання моделювання 3D моделі обертової печі представлено на **Ошибка! Источник ссылки не найден. - Ошибка! Источник ссылки не найден.**⁷

Для побудови об'ємних деталей всіх конструктивних елементів кресляться окремі ескізи. Приклад побудованого ескізу обертової печі приведено на **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

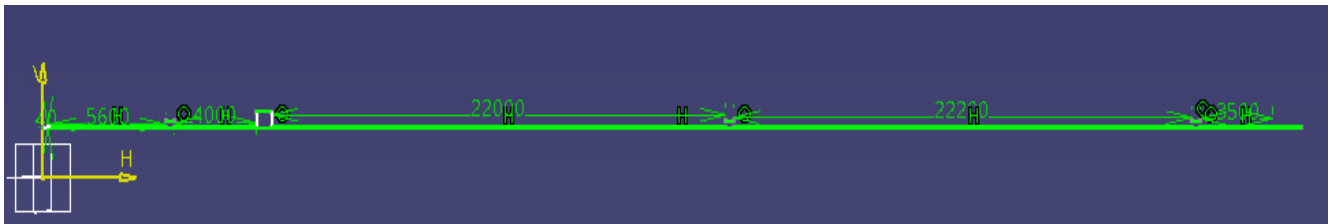


Рисунок 6.1 – Ескіз корпусу печі

В результаті отримали об'ємну модель обертової печі.

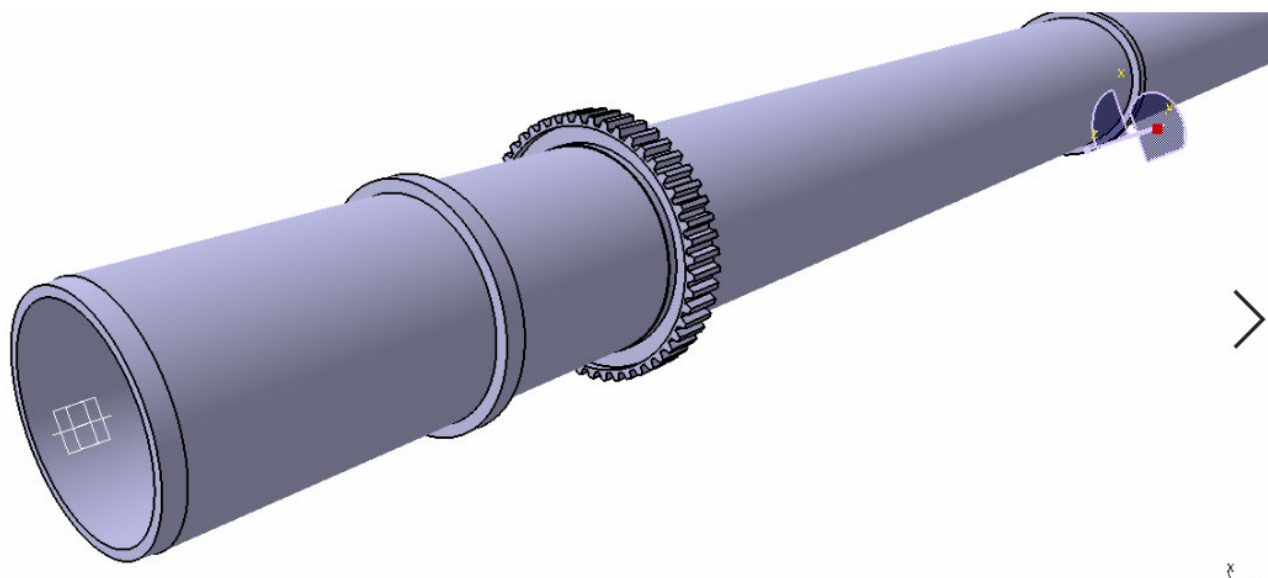


Рисунок 6.2 – Побудована об'ємна модель обертової печі

Для побудови більш складних елементів та розташування було застосовано додаткові «місцеві» ескізи. Це полегшує конструювання обраних елементів та прибирає ймовірність отримання зазорів в результаті проектування. Приклад будови додаткового ескізу моделювання обертової печі приведено на **Ошибка!** **Источник ссылки не найден.**³.

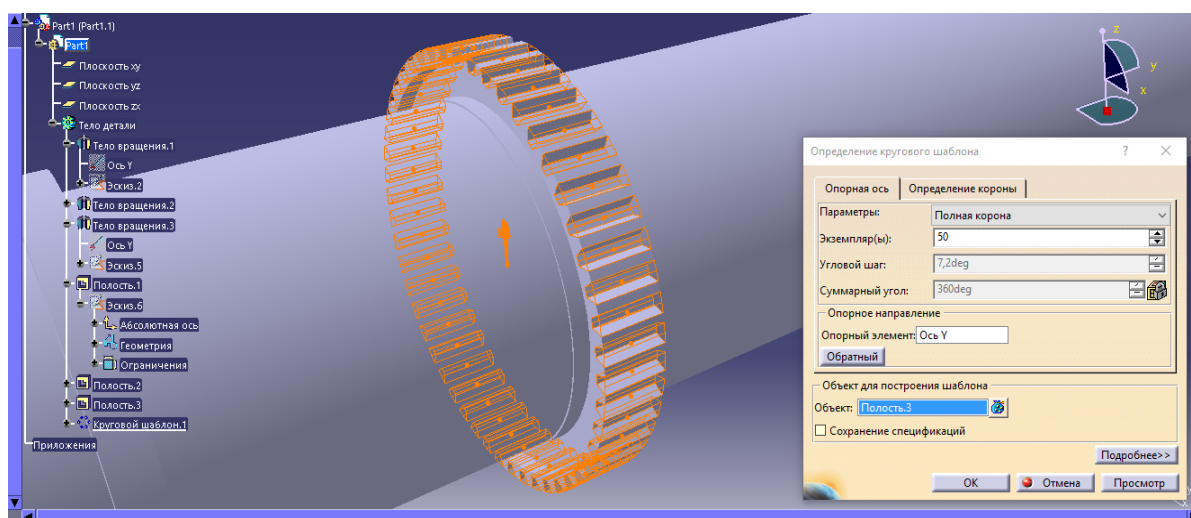


Рисунок 6.3 – Модель печі з вінцевою шестернею

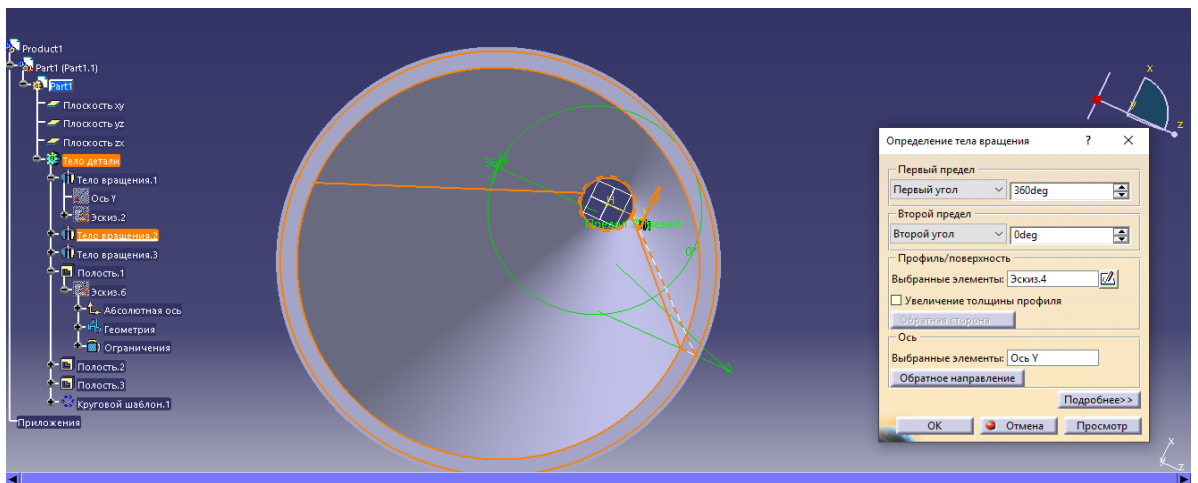


Рисунок 6.4 – Будівництво футеровки

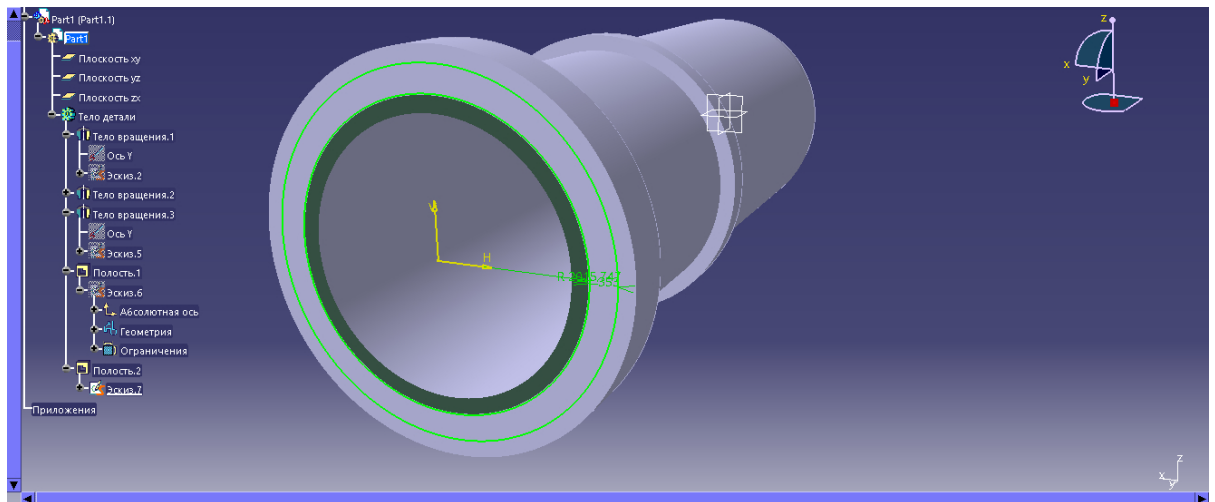


Рисунок 6.5 – Видавлення зуба

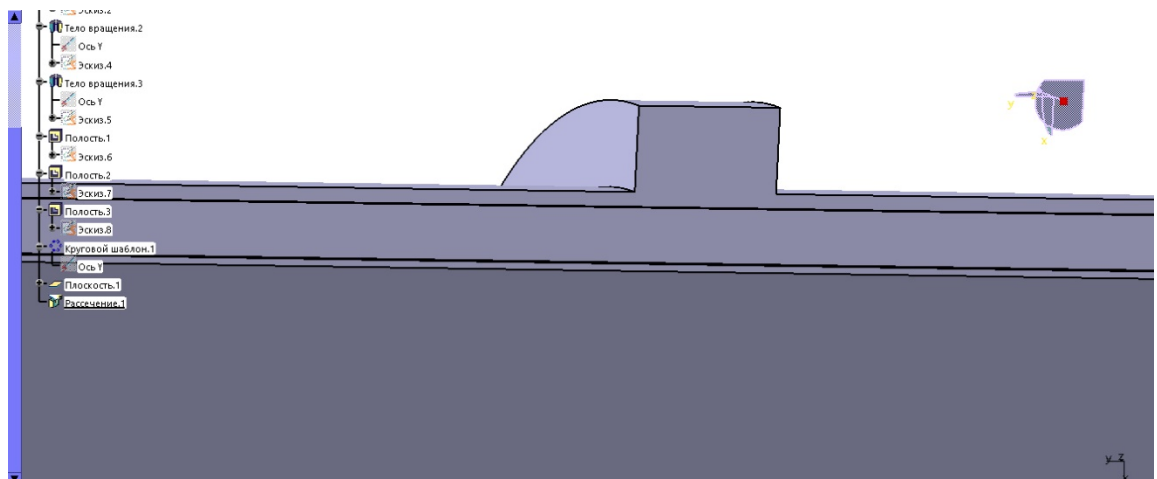


Рисунок 6.6 – Побудова бандажів

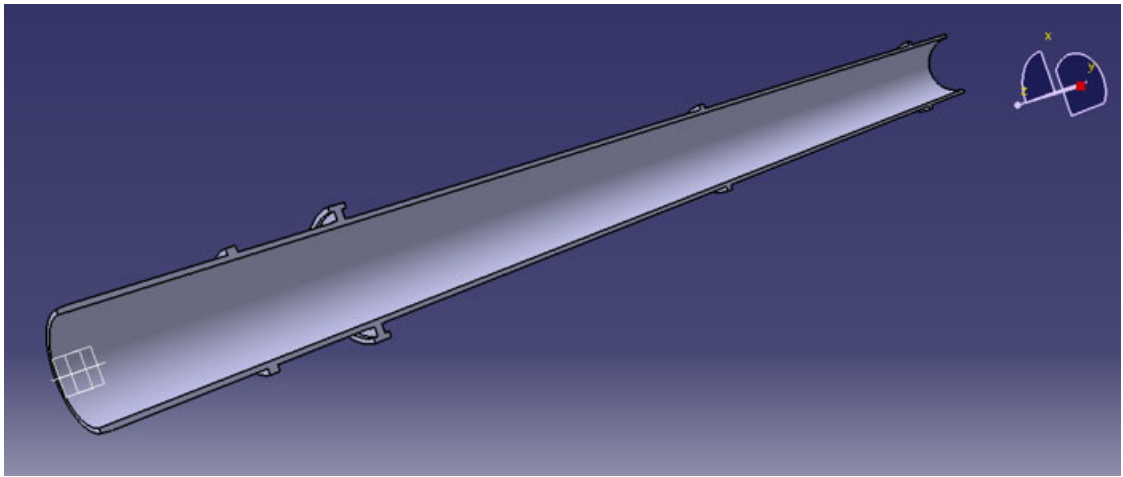


Рисунок 6.7 – Піч у розрізі

6.2 Розрахунок базової моделі футеровки обертової печі

ANSYS — програмне забезпечення надає можливості для вирішення широкого кола задач в областях міцності, гідрогазодинаміки, електромагнетизму, теплових задач, а також міждисциплінарного аналізу, що об'єднує всі чотири області. Дозволяє виконувати оптимізацію конструкції на прикладі всіх перерахованих типів аналізу.

Для початку розрахунку в програмному середовищі ANSYS потрібно задати розрахункову сітку скінченних елементів побудованій моделі.

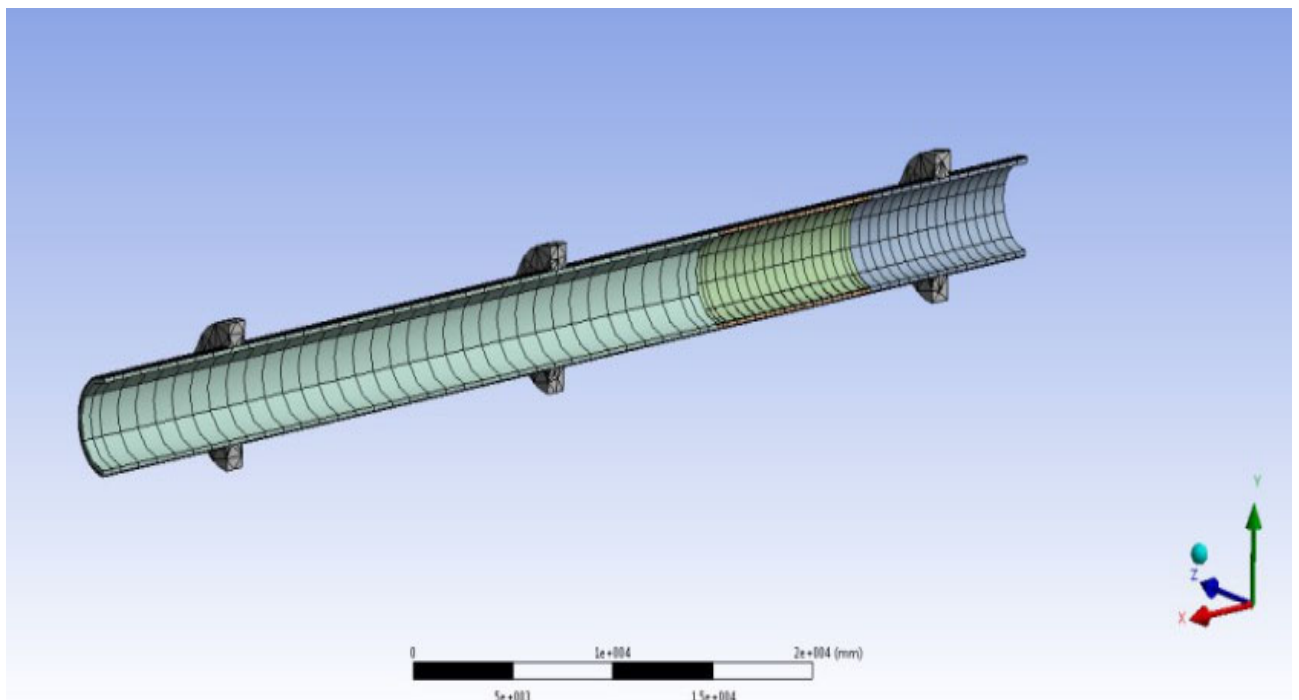


Рисунок 6.8 – Розрахункова сітка скінченних елементів

Задаємо з бібліотеки значення та параметри, максимальну температуру для моделі печі та розраховуємо.

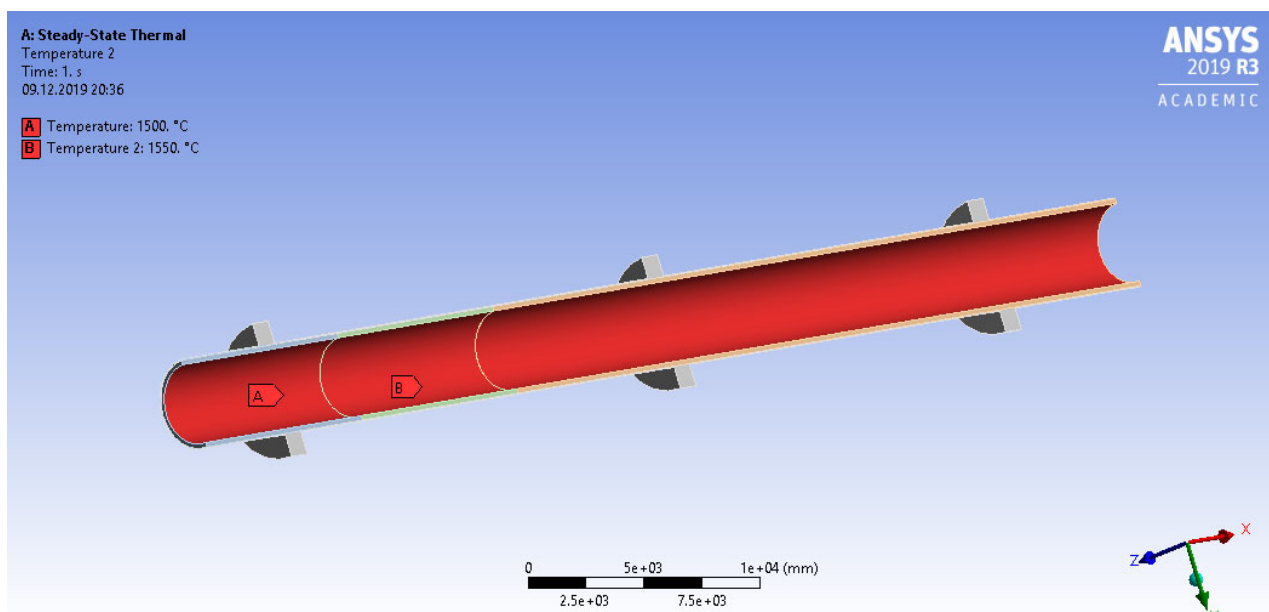


Рисунок 6.9 – Температура в печі по контуру

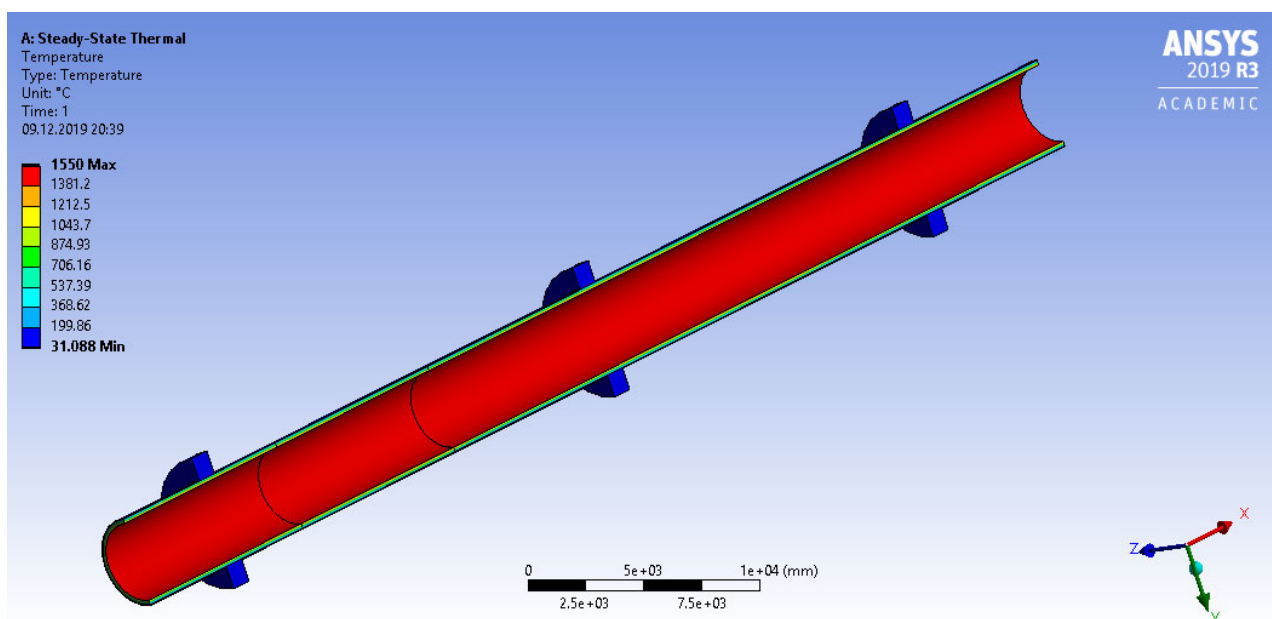


Рисунок 6.10 – Розподіл температури по корпусу печі

Тепловий потік значно впливає на футеровку печі, тому чим більша температура – тим більше абразивне спрацювання і зношення футеровки, що призводить до ремонту печі.

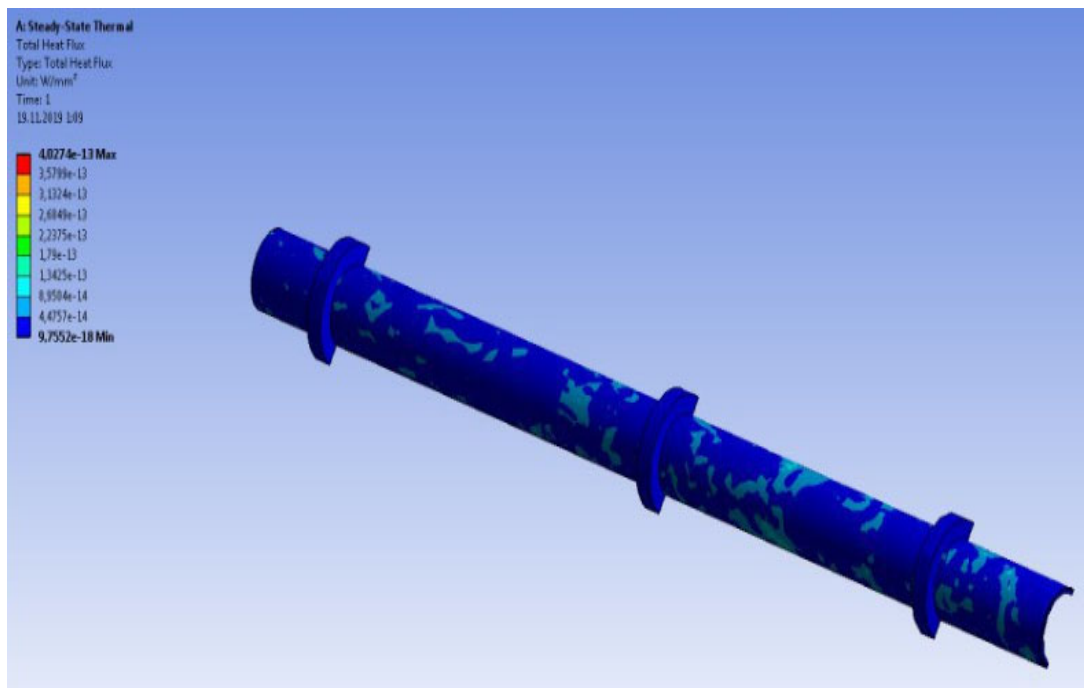


Рисунок 6.11 – Тепловий потік

6.3 Розрахунки модернізованої футеровки обертової печі

Для підтвердження працездатності футеровки обертової печі були виконані розрахунок модернізації футеровки обертової печі.

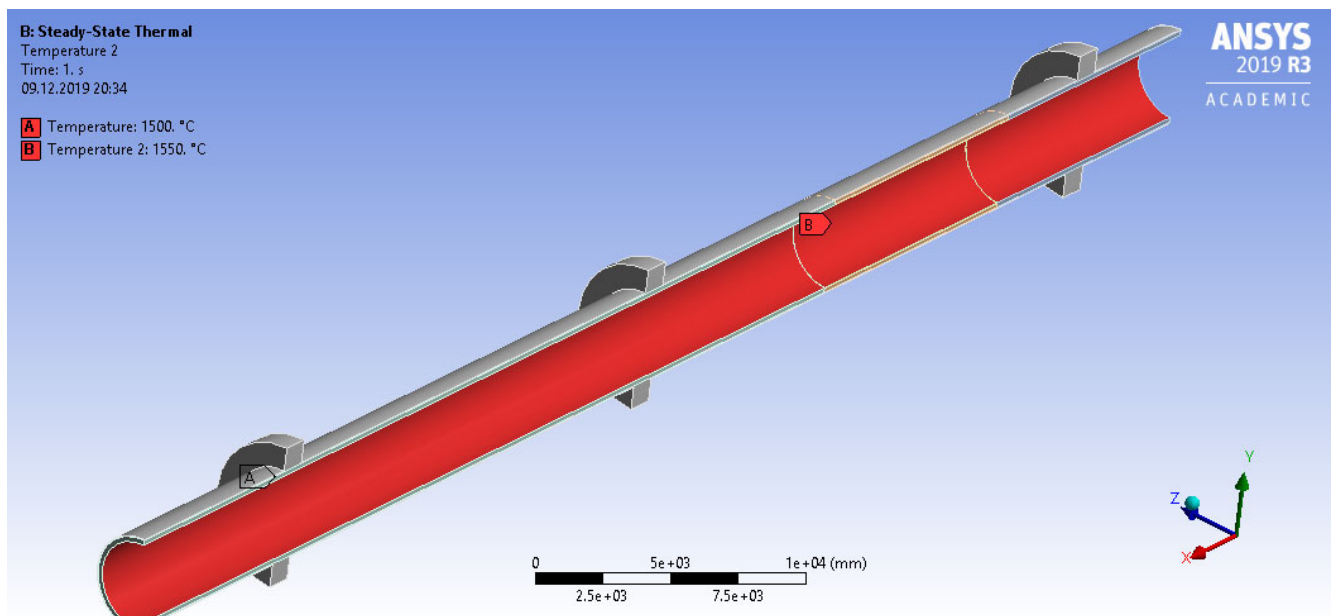


Рисунок 6.12 – Температура в печі по контуру

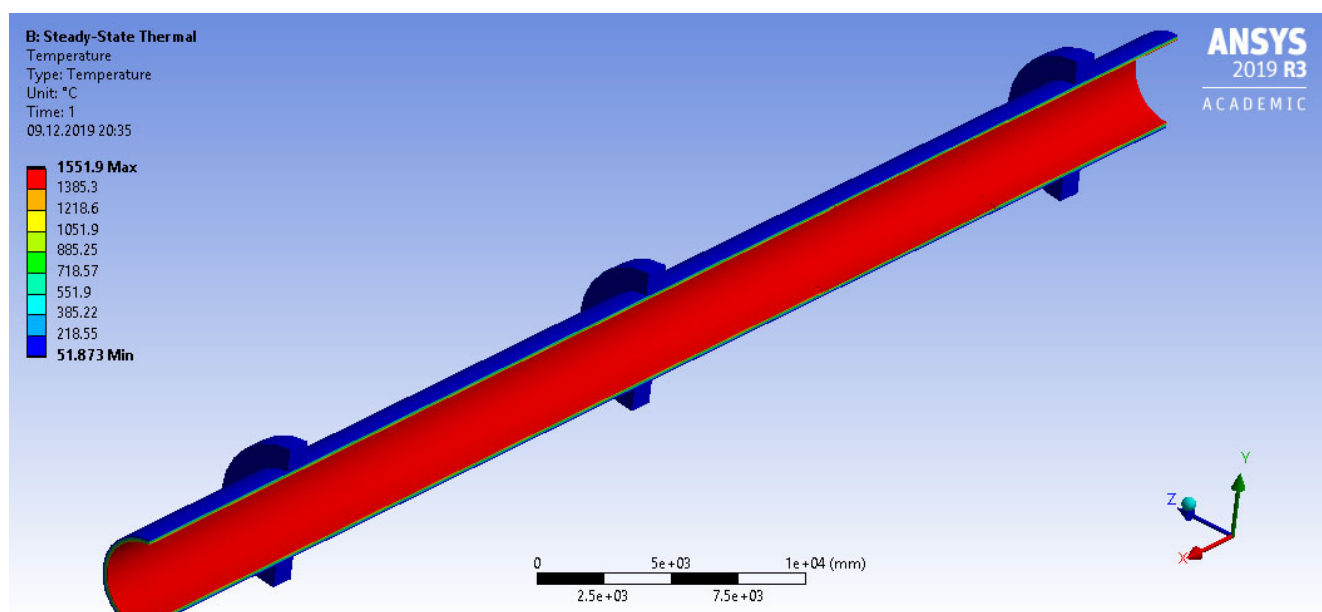


Рисунок 6.13 – Розподіл температури по корпусу печі

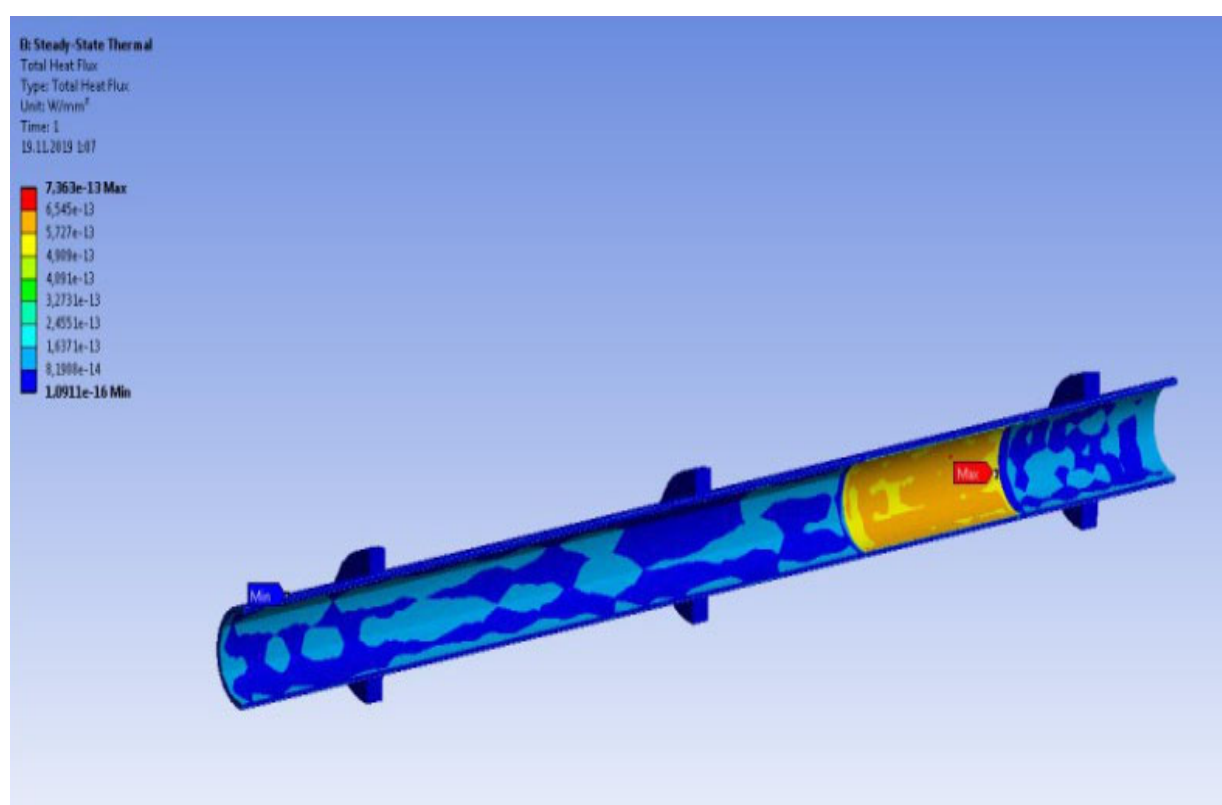
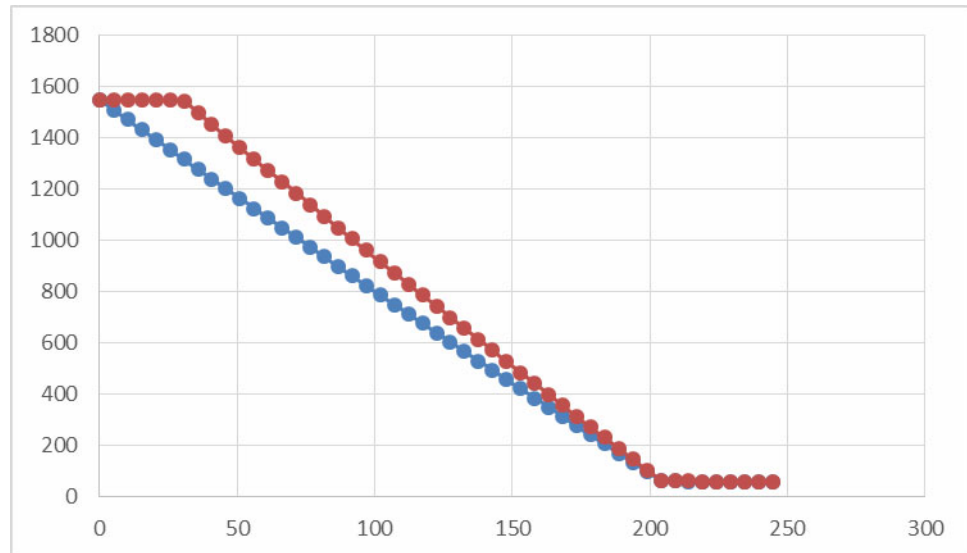


Рисунок 6.14 – Тепловий потік

6.4 Підтвердження працездатності та аналіз отриманих результатів

За рахунок дуже високих температур в зоні спікання і теплового потоку виникає абразивне зношення футеровки та з часом вона стає непригідною. Температура на зовні збільшується. Доводиться її ремонтувати.



Графік 6.1 – Графік зміни розподілу температури

З графіку 6.1 видно, що не дивлячись на те, що на початку значно висока температура в зоні спікання, в кінці все одно температура на зовні майже однакова з не модернізованою футеровкою.

Таблиця 6.1 – Результати розрахунку

1	0	1550			1	0	1550
2	5,0975	1511,1			2	5	1549,7
3	10,195	1472,2			3	10	1549,4
4	15,292	1433,5			4	15	1549,1
5	20,39	1394,8			5	20	1548,8
6	25,487	1356,2			6	25	1548,5
7	30,585	1317,8			7	30	1545,3
8	35,682	1279,4			8	35	1499,8
9	40,78	1241,1			9	40	1454,5
10	45,877	1202,9			10	45	1409,3
11	50,975	1164,8			11	50	1364,2
12	56,072	1126,8			12	55	1319,2
13	61,17	1088,9			13	60	1274,3
14	66,267	1051,1			14	65	1229,6
15	71,365	1013,4			15	70	1184,9
16	76,462	975,76			16	75	1140,4
17	81,56	938,23			17	80	1096
18	86,657	900,8			18	85	1051,7
19	91,754	863,46			19	90	1007,5
20	96,852	826,21			20	95	963,49
21	101,95	789,06			21	100	919,55
22	107,05	752			22	105	875,73
23	112,14	715,04			23	110	832,03
24	117,24	678,17			24	115	788,44
25	122,34	641,4			25	120	744,97
26	127,44	604,72			26	125	701,61
27	132,53	568,14			27	130	658,38
28	137,63	531,66			28	135	615,25
29	142,73	495,27			29	140	572,25
30	147,83	458,97			30	145	529,36
31	152,92	422,77			31	150	486,59
32	158,02	386,67			32	155	443,93
33	163,12	350,66			33	160	401,39
34	168,22	314,75			34	165	358,97
35	173,31	278,93			35	170	316,66
36	178,41	243,21			36	175	274,47
37	183,51	207,59			37	180	232,39
38	188,61	172,06			38	185	190,44
39	193,7	136,63			39	190	148,59
40	198,8	101,29			40	195	106,87
41	203,9	66,052			41	200	65,26
42	209	62,44			42	205	62,854
43	214,09	62,088			43	210	62,448
44	219,19	61,736			44	215	62,038
45	224,29	61,386			45	220	61,126
46	229,39	61,036			46	225	61
47	234,48	60,689			47	230	60,812
48	239,58	60,343			48	235	60,107
49	244,68	60			49	240	50

Висновок. Додаткові керамічні пластини, якими облицьовується футеровка в зоні спікання дозволяють не лише суттєво зменшити теплові втрати, але й виключити абразивне зношення платки цієї футеровки. Внаслідок цього збільшується міжремонтний термін експлуатації печі.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

При проектуванні нової техніки і модернізації вже існуючої повинні цілком враховуватися вимоги діючого законодавства по охороні праці і навколишнього середовища.

Цілком безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Задачі охорони праці – звести до мінімальної імовірності ураження чи захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Модернізована у даному дипломному проекті обертова піч 4,5х80 застосовується в промисловості будівельних матеріалів і признача на для виробництва цементу по сухому способу .

У процесі написання даного розділу розглянуті і розроблені заходи щодо наступних питань з охорони праці: виробниче освітлення, електробезпека, повітря робочої зони, небезпека впливу деталей, що рухаються і обертаються, виробничий шум та пожежна безпека.

7.1 Виробниче освітлення

У денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом. Для цього вибирається бічне освітлення, через світлові прорізи в зовнішніх стінах. Розміри вікон 15х20м, їх кількість 10.КПО=1,6%.

Згідно СНиП II-4-79, робота з обслуговування устаткування відноситься до VI розряду підрозряду «а», тобто загальне спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце машиніста обертової печі повинне мати освітленість робочої зони $E_{нор}=150$ лк.

Устаткування працює в 3 зміни, виробництво безперервне. У темний час доби у приміщенні застосовується загальна освітленість люмінесцентними лампами ЛДЦ-40, їх кількість 55 з потужністю 40 Вт, світловим потоком $F = 2100$ лм і освітленістю $E_f = 100$ лк..

Знайдемо світловий потік:

$$F = \frac{150 \cdot 1.4 \cdot 600 \cdot 1.15}{55 \cdot (32/100)} = 8232.9 (\text{лм}) \quad (7.1)$$

$$E_f = \frac{FN\eta}{Sk_3\alpha} = 151.2 (\text{лк}) \quad (7.2)$$

Визначивши світловий потік однієї лампи, вибираємо газорозрядні лампи типу ДРЛ-250 потужністю 250 Вт, світловим потоком $F=11000$ лм (з відхиленням від розрахункового світлового потоку на 8%, що допускається) при напрузі 220 В.

Тоді фактична освітленість буде $E_f=160$, що і відповідає СНиП II-4-79.

7.2 Електробезпека

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування машиною, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Для живлення установки використовується трифазна напруга 220/380 В, з частотою 50 Гц і ізольованою нейтраллю.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується поруч організаційних і технічних мір захисту: застосуванням малих напруг ($U = 42\text{В}$), захисним поділом мереж, контролем і профілактикою ушкодження ізоляції (контроль ізоляції $R \geq 0,5$ МОм), подвійною ізоляцією, забезпеченням неприступності струмоведучих частин, захисним заземленням, захисним зануленням, захисним відключенням, застосуванням засобів індивідуального захисту й ін [7].

Електрична ізоляція – шар діелектрика, чи конструкція виконана з діелектрика, котрим покривається поверхність токопровідних елементів чи яким токопровідні елементи відділяються один від одного. Ізоляція, яка

забезпечує протікання току в необхідному напрямку(нормальну роботу електроприладу) і захист від ураження електричним струмом, називають робочою ізоляцією. Для виявлення дефектів і пошкоджень ізоляції проводять наступні випробовування: приймально здавальні заново введені в експлуатацію чи що пройшли відновлювальний ремонт чи реконструкція електроустаткування; випробовування при капітальному і поточному ремонті; профілактичні випробовування в строки встановлені правилами чи при виявленні дефектів; а також постійний контроль ізоляції – вимірювання опору ізоляції під робочою напругою на протязі всього часу роботи електроустаткування.

Блокування для безпеки – це засоби, які запобігають потраплянню людей під напругу в результаті помилкових дій. По принципу дії розрізняють механічне, електромагнітне та електричне блокування. Механічне блокування використовується в апаратах (рубильниках, мускателях, автоматичних вимикачах), а так же в комплектних розподільчих приладах.

Електромагнітне блокування використовується у вимикачах, роз'єднувачальних і заземлюючих ножах при різноманітних схемах підключення обладнання і забезпечує визначену послідовність вмикання і розмикання.

Електричне блокування використовується в технологічних установках напругою до 1000 В і в випробовувальних стендах любых напруг. Електричне блокування забезпечує вимкнення напруги за допомогою електричних контактів вмонтованих у дверцята устаткування та в огорожу.

Засоби і методи орієнтації дозволяють персоналу чітко орієнтуватися при виконанні робіт і запобігають їх від помилкових дій. Орієнтацію забезпечує маркування частин електроустаткування, попереджувальні сигнали, надписи і таблички, знаки високого електричного напруження ітд.

Мала напруга – це номінальна напруга не більше 42 В між фазами і по відношенню до землі, використовується в цілях зменшення ризику ураження електричним струмом. Мала напруга забезпечує безпеку по двом причинам:

при малій напрузі через опір відповідно протікає і «малий» струм і при малій напрузі опір тіла людини великий, що сприяє ще більшому зменшенню струму через людину.

З метою запобігання травм рекомендується вживання наступних заходів обережності:

- рубильники включення установки повинні знаходитися в спеціальній шафі;
- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;
- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку влучення людини під напругу;
- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, постачити затисками для підключення заземлення.

Заземлення установки виконується відповідно до ГОСТ 12.1. 030-81.

Біля датчиків заземлення нанести незмивний фарбою знаки «Земля» за ГОСТ 12.1.030-81.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на іспитовій напрузі 200 В с частотою 50 Гц у плинні 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 МОм.

Електрична апаратура, встановлена усередині робітників приміщень, повинна мати ступінь захисту Ір-51 ГОСТ 14254-80.

Ізоляція провідників виміряється мегаамперметром П044Т У25-0.4-1970-80.

7.3 Повітря робочої зони

Обслуговування обертової печі відноситься до категорії робіт з витратою 120-150ккал/ч - категорія Іб (робота сидячи або з ходьбою, що супроводжується деякою фізичною напругою).

Фактичні параметри: температура в холодний період року 19-22 °С, в теплий 22-25 °С; відносна вологість повітря 40-60%; швидкість руху повітря в холодний період 0,1 м/с, в теплий 0,2 м/с. Що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 і забезпечується наступними заходами:

- у холодний час року підігрів приміщення батареями з теплоносієм водою, нагрітої до $t\ 60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- у теплий час року загальобмінною вентиляцією через верхні прорізи вікон, через двері.

На виробництві виділяється цементний пил з концентрацією 18 мг/м³ за рахунок встановленої вентиляції концентрація зменшуються до $C_{ГДК}=6\text{ мг/м}^3$, що відповідає ГДК і ГОСТ 12.1.005-88(96).

7.4 Небезпека впливу деталей, що рухаються і обертаються

Небезпечними частинами обертової печі, що рухаються і обертаються є:

- корпус печі;
- бандаж;
- відкрита зубчаста передача;
- муфта головного редуктора;
- опорні ролики;

Ці механізми є небезпечними, тому що можливе нанесення механічних травм. З метою запобігання травм встановлені огороження і захисні кожухи.

Для огороження використовуємо зварені з прутів у виді ґрат екрани.

Обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах.

7.5 Виробничий шум

Джерелами шуму в даній установці є електродвигуни.

У результаті вимірів устаткування при експлуатації виявлене значення шуму 60 Дб, а нормальне значення складає 75 Дб, при частоті $f = 1000\text{ Гц}$ (ДСН 3.3.6.037-99).

Таким чином, видно, що виміряний рівень звукового тиску не перевищує допустимого та не може здійснювати шкідливий вплив на працюючих.

Зменшення шуму досягається застосуванням наступних мір захисту від виробничого шуму:

- масляна ванна (шар мастильного матеріалу між зчленованими елементами усуває можливість їхнього безпосереднього контакту, а отже, й появи сил поверхневого тертя);
- застосування захисних кожухів на муфтах;
- застосування засобів дистанційного керування й автоматичного контролю, що дозволяє винести місце оператора в окреме приміщення.

7.6 Пожежна безпека

Специфічною небезпекою печі являється можливість утворення та вибуху газу внаслідок пошкодження трубопроводів. Суміш газу з повітрям являється вибухонебезпечною при певному процентному співвідношенні газу в суміші.

Мінімальний та максимальний зміст горючого газу в газоповітряній суміші, у межах яких може відбутися вибух, називаються відповідно нижніми та верхніми межами вибуху. Межі вибуху для різних вуглеводневих газів неоднакові. Чим більше у газі важких вуглеводнів, тим вузьчі межі вибуховості

Правила безпеки обслуговування окремих агрегатів чи пристроїв повинні бути викладені в інструкції по експлуатації кожного агрегату. До числа загальних вимог відносяться слідуючи [9].

1. Всі лотки та канали обрaмлені кутовим залізом і перекриті листами заліза або залізобетонними плитами.

2. Усі ями, заглиблення, отвори в підлозі та міжповерхових перекриттях, переходи та містки повинні бути обгороджені поручнями висотою не менше 1м

Пожежна безпека відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 забезпечується системами запобігання пожежі, пожежного захисту, організаційно-технічними заходами.

Система запобігання пожежі від електроустаткування містить у собі контроль і профілактику електроізоляції, наявність плавких вставок і запобіжників в електроустаткуванні, використання заземлення для захисту від статичної напруги.

Система пожежного захисту передбачає аварійне відключення й перемикання апаратів; наявність первинних засобів пожежогасіння в тому числі вогнегасників типу ОУ або порошкових вогнегасників; систему оповіщення, світлову й звукову сигналізацію; захист легкозаймистих частин устаткування вогнезахисними матеріалами; використання не горючих матеріалів для акустичної обробки стін і стель; установку автоматичної системи пожежного захисту в приміщеннях, де немає робітника персоналу; розміри дверей робочого приміщення (евакуація персоналу при пожежі) наступні : ширина дверей не менш 1.5 м; висота дверей не менш 2.0 м; - ширина коридору 1.8 м; робочі приміщення повинні мати два виходи; відстань від найбільш вилученого робочого місця не повинне перевищувати 100 м (СНиП 2.09.02-85).

Організаційні міри пожежної профілактики

1. навчання персоналу правилам пожежної безпеки;
2. наявність необхідних інструкцій і плакатів, плану евакуації персоналу у випадку пожежі.

Приміщення обертової печі відноситься до пожаронебезпечних. Оскільки в приміщенні використовуються прилади з високою температурою, то його варто віднести до категорії "В" пожаронебезпечних приміщень. Клас пожежонебезпеки П1 оскільки в приміщенні знаходяться електроустановки. Приміщення обертової печі можна віднести до вибухобезпечного.

Виробничі приміщення згідно СНиП 2.01.02-85 "Противопожечні норми", є I або II ступенів вогнестійкості.

Необхідно оснастити приміщення первинними засобами пожежогасіння: внутрішніми пожежними водопроводами, ручними і пересувними вогнегасниками, сухим піском, азбестовими ковдрами. Пожежні крани повинні бути встановлені в коридорах, на площадках сходових кліток, у входів. Щити

протипожежного захисту повинні бути оснащені ручними вуглекислотними вогнегасниками, тому що для даного класу приміщень рекомендується використовувати хімічні засоби гасіння пожежі. Для гасіння пожеж у замкнутих обсягах, яким і є приміщення техвідділу, застосовують вуглекислий газ для припинення подачі кисню повітря до вогнища загоряння.

Первинними засобами пожежегасіння можуть послужити ручні вогнегасники типу: ОУ-5 і ОУ-8. У приміщенні як первинні засоби пожежегасіння передбачені порошкові вогнегасники типу ОПС-6, однак їхнє застосування може зробити значний збиток у наслідку псування дорогої електронної апаратури, тому рекомендується застосовувати пінний вогнегасник типу ОХП-10.

8 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовлення накладок на футеровку печі з зносостійкої кераміки на основі карбіду кремнію.	Використання на заводах, в різноманітних будівництвах де використовується цемент та присутні обертові печі.	Збільшується міжремонтний термін за рахунок виключення абразивних спрацьовувань.
		Покращується довговічності зони спікання.

8.1 Загальна інформація про компанію



Рисунок 8.8.1 – Система менеджменту

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2

<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія</i>	<i>Відмінності поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
Безпека	Будівельні промисловості, цементна галузь, будівництво доріг	Ціна Якість Різноманіття в виборі продукції	До продукції: Співвідношення ціна/якість До компанії Швидкість, якість виробництва та доставки

8.2 Аналіз факторів макромаркетингового середовища

Фактори внутрішнього маркетингового середовища підприємства занесено в таблицю 8.3.

Таблиця 8.3

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/ можливості
	Можливості	Загрози	
Цільовий ринок	Високі ціни на кінцевий продукт	Потребує великих вкладів для входу на ринок	Збільшення кількості клієнтів за рахунок зменшення цін конкурентами.
Територіальне базування компанії		Потребує велике приміщення	Відсутня можливість перенести офіс компанії будь-коли і будь-куди
Професійно-кваліфікаційний склад працівників	Не має потреби в великій кількості Висококваліфікованих працівників	Висококваліфіковані кадри потрібні і мають бути добре забезпечені	За рахунок загальної економії на кваліфікації більшості співпрацівників забезпечити високі з/п кваліфікованим кадрам
Характер Устаткування	Виробництво більш якісно	Вихід із ладу агрегат	Великі затрати. початкові

Фактори політико-правового середовища занесено в таблицю 8.4.

Таблиця 8.4

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Антимонопольні закони	Неможливість захоплення всього ринку однією компанією	Неможливість захоплення моєю компанією цілого ринку	Нааявне місце на ринку для розвитку нових представників, можливість зміни роботи ринку за рахунок нових технологій.
Міжнародні відносини з іншими країнами	Україна перебуває з гарних відносинах з більшістю країн	Ринки деяких країн закриті для збуту	Переміщення офісу в інші країни, зацікавленість інвесторів з інших країн.
Допомога держави	Нові споживачі	-	Збільшення кількості кінцевих споживачів продукції
Закон України про рекламу	Дозволяє використовувати рекламу для додаткового доходу	-	Шляхом рішення може бути пошук недосконалостей і подальше їх використання.
Податки на капітал з закордону	-	Може відштовхнути інвесторів з інших країн	Рішенням може бути перекладання частини податків на себе.
Податкова система	Покращення матеріального стану країни	Грошові втрати	Пошук альтернативних доходів. Можливе перенесення в іншу країну.

Фактори економічного середовища занесено в таблицю 8.5.

Таблиця 8.5

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Висока середня ціна, встановлена на ринку	Збільшує прибуток для компанії та дає змогу оперувати цінами.	Низька ціна може відштовхнути клієнта.	Можливість збільшувати ціну без значного збитку з боку клієнтів. Гарна реклама для привабливості клієнтів.
Платоспроможна Цільова аудиторія	Велика кількість можливого від прибутку замовників	Фінансова неспроможність населення	Замовник готовий платити великі суми.
Висока конкуренція	Після зайняття свого місця в індустрії, впевненість в своїх силах.	Велика кількість конкурентів	Потрібно сконцентруватися на рекламі. Залежність від великих компаній
Високий вхідний капітал	Отримання держ. кредиту	Необхідність в великій кількості інвесторів	високий вхідний капітал
Термін окуплення	-	-	В залежності від кількості замовлень

Фактори науково-технічного середовища занесено в таблицю 8.6.

Таблиця 8.6

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Використання революційних ідей.	Новітні технології, менш затратні та більш продуктивні.	Постійне оновлення та покращення технологічного комплексу	Використання заощаджених коштів для оновлення.
Дорога автоматизація агрегату	Вища якість продукції	Висока ціна для купівлі готової системи	Аналіз ринку розробка нових конструкцій.
Постійний розвиток технологій	Покращення Роботи з її оновленням	Додаткові витрати для оновлення технологій	Може покращити якість

Фактори природного середовища занесено в таблицю 8.7

Таблиця 8.7

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Природні катаклізми	Залежить від природних проблем	Вихід із ладу електромережі	Необхідність встановлення додаткових генераторів
Зміна клімату	-	Затрати на комунальні послуги.	Покращення технологій виготовлення виробів
Забруднення навколишнього середовища	Попит на матеріал відповідного характеру	Встановлення додаткових очисних фільтрів	Інвестування в розвиток «чистих» технологій.

8.3 Аналіз факторів мікроркетингового середовища

Фактори впливу споживачів занесено в таблицю 8.8.

Таблиця 8.8

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Зацікавленість споживачів в продукті.	Збільшення доходу	Велика кількість конкурентів	Зацікавленість як Замовників так і споживачів кінцевого продукту веде до збільшення діапазону цін.
Великий попит на товар	Завжди є замовники	Конкуренція	Покращення реклами.
Безпосередній контакт з споживачем	Корегування якості продукту	Відмова від виробу	Пряме покращення продукції з огляду на споживача.

Фактори впливу постачальників занесено в таблицю 8.9

Таблиця 8.9

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Постачальник матеріалу	Збільшення випуску готової продукції	Втрати по виготовленню продукції	Заручитися підтримкою декількох постачальників
Електроцентрально	Альтернативні джерела енергії	Відмова роботи всієї мережі	Зменшення загальної кількості використаної енергії.

Фактори впливу конкурентів занесено в таблицю 8.10.

Таблиця 8.10

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Велика конкуренція на ринку	Підвищення ціни на продукт	Витіснення з ринку. Втрата клієнтів.	Покращення продукту, збільшення частки реклами.
Висока якість	Перевага для замовника, порівняно з іншими конкурентами	-	Зменшення ціни за рахунок використання нових технологій.
Більший час на ринку	Аналіз ринку для уникнення помилок конкурентів	Повільний розвиток	Закріплення на ринку у ролі лідерів

Особливості конкурентного середовища:

- Тип конкуренції – олігополія
- За рівнем конкурентної боротьби – національна
- За галузевою ознакою – внутрішньогалузева
- За характером конкурентних переваг – нецінова
- Конкуренція за видам товарів – товарно-родова
- Товарно-видова
- За інтенсивністю – не марочна

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером наведено в таблиці 8.11

Таблиця 8.11

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	LafargeHolcim CNBM Anhu Conch HeidelbergCement	Заводи виробництва цементу бетону	Компанії з видобування клінкеру, гіпсу, вапняка, глини, доменного шлаку, нефелінового шламу, мергелю.	Будівельні Промисловість, цементна галузь, будівництво доріг	Паркет, ламінат, в деяких випадках не можливо замінити

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності наведені в таблиці 8.12

Таблиця 8.12

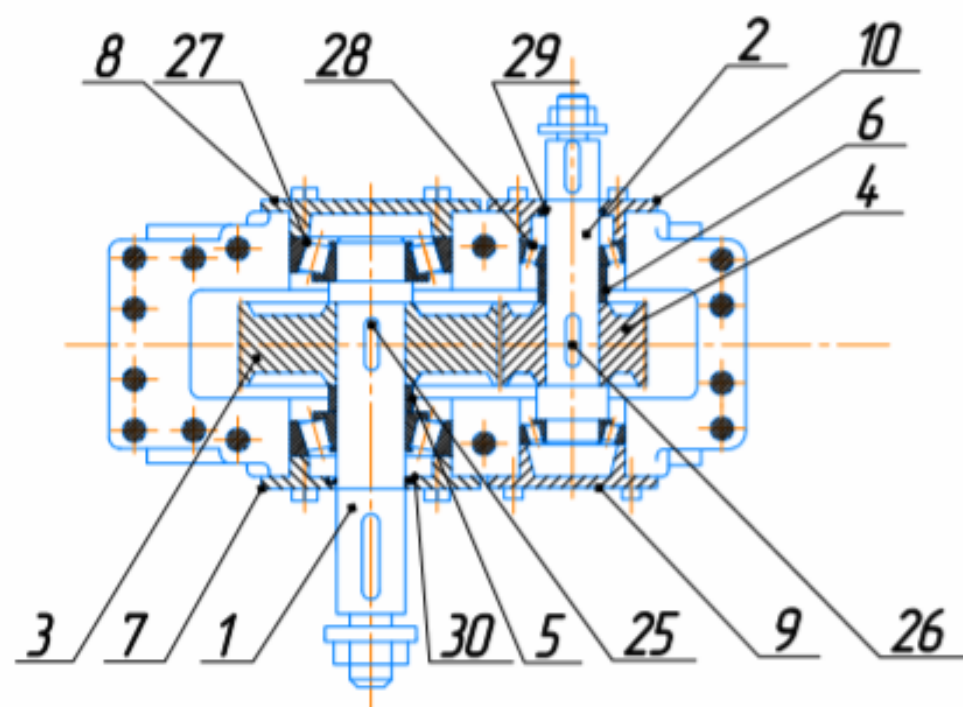
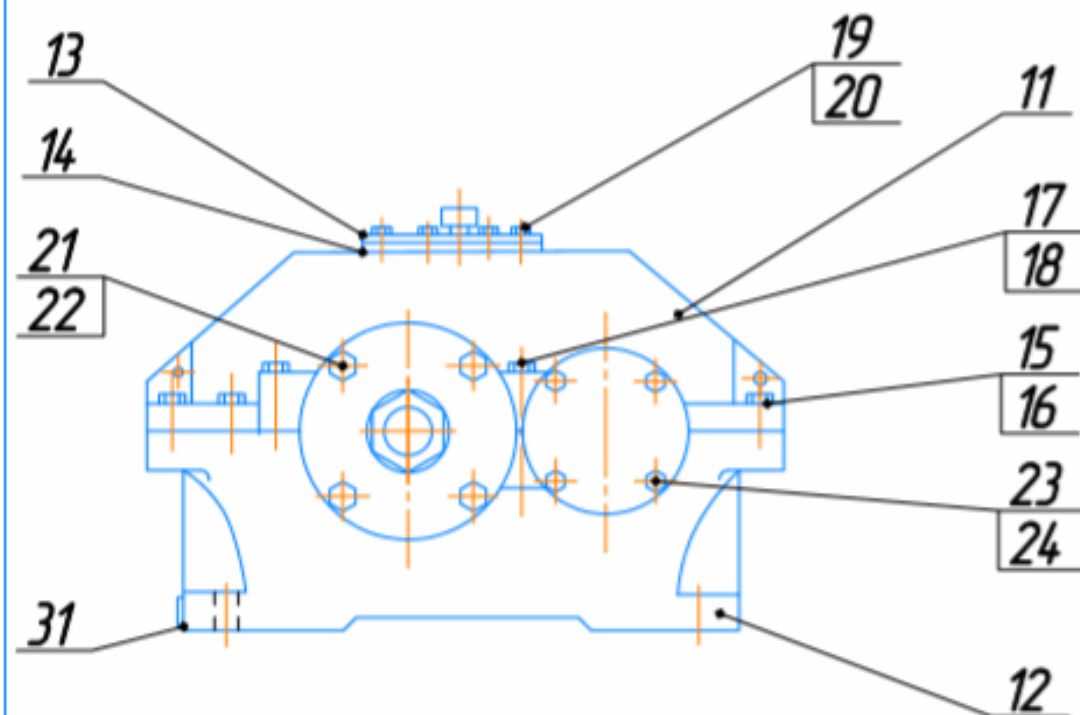
№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Ціна	За рахунок прибутку можливість варіювати ціну
2	Якість кінцевого продукту	Якість продукту збільшується за рахунок впровадження нової технології
3	Якість компонентів	Більшість компаній економлять на цьому аспекті
4	Швидкість виробництва	Майже не відрізняється
5	Реклама	Для швидкого виходу на ринок важлива

Висновки : в даній галузі поки немає таких компаній, але є аналоги та звичайні футеровки які мають великий вплив на ринку, тому вихід на даний ринок буде реальним, оскільки жодна з компаній не використовує подібної технології виробництва до запропонованої а отже не може виготовляти настільки якісну продукцію. Клієнтська база є дуже великою так як багато підприємств потребує в покращенні їх машин на виробництві.

9 МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ

ЗМІСТ

1. Технологія складання установки приводної шестерні.
 - 1.1. Ескіз установки приводної шестерні .
 - 1.2. Специфікація.
 - 1.3. Схема складання.
 - 1.4. Операційна карта складання.
2. Монтаж машини на фундаменті.
 - 2.1. План-схема розміщення фундаментних болтів.
 - 2.2. Карти ескізів монтажу машини
 - 2.3. Операційна карта монтажу.
3. Експлуатація машини.
 - 3.1. Схема змащення
 - 3.2. Таблиця змащення



Инд. № подл. Подп. и дата Взам. инд. №

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ЛП82мп.083283.004-70TE

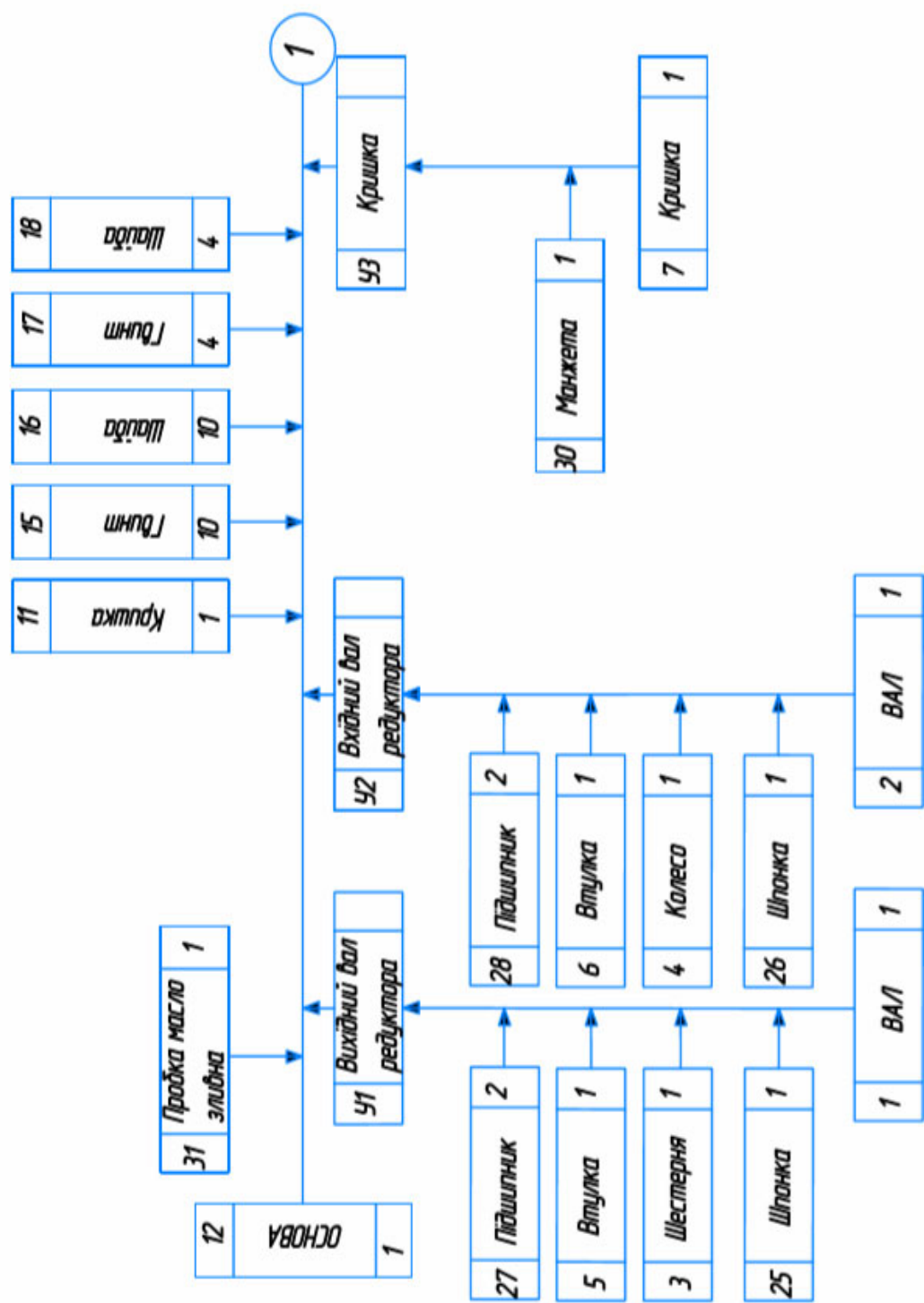
Лист

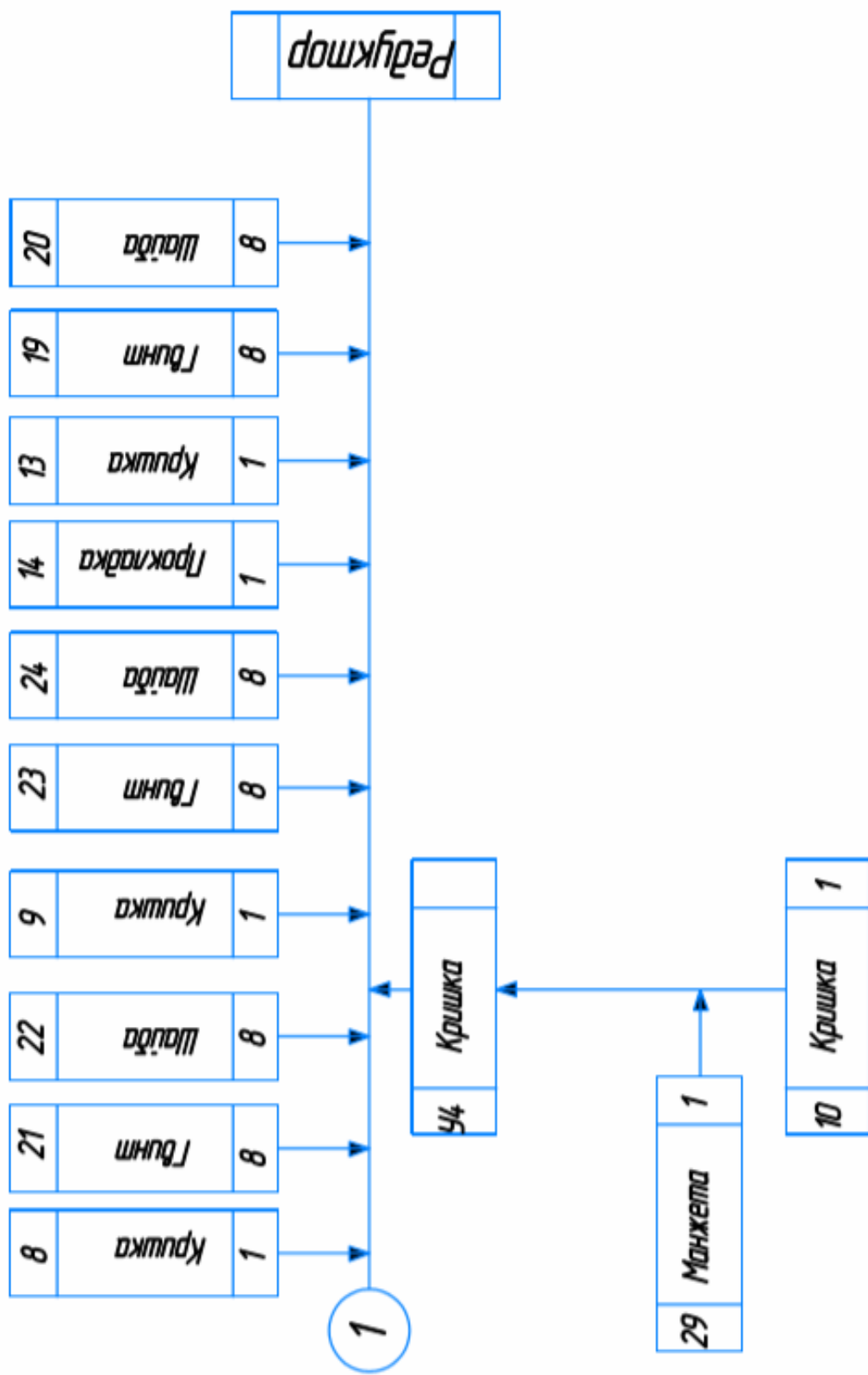
9.1.2 Специфікація

Формат Знак Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.		Документация		
	М	ЛП82мп.083282.010-70СК	Складальне креслення	
Спроб. №		Детали		
	1	ЛП82мп.083281.001	Вал	1
	2	ЛП82мп.083281.002	Вал	1
	3	ЛП82мп.083281.003	Шестерня	1
	4	ЛП82мп.083281.004	Колесо	1
	5	ЛП82мп.083281.005	Втулка	1
	6	ЛП82мп.083281.006	Втулка	1
	7	ЛП82мп.083281.007	Кришка	1
	8	ЛП82мп.083281.008	Кришка	1
	9	ЛП82мп.083281.009	Кришка	1
	10	ЛП82мп.083281.010	Кришка	1
	11	ЛП82мп.083281.011	Кришка	1
	12	ЛП82мп.083281.012	Основа	1
	13	ЛП82мп.083281.013	Кришка	1
	14	ЛП82мп.083281.014	Прокладка	1
Подп. и дата		Стандартні вироби		
	15	Гвинт М20х45 ГОСТ11644-75	10	
	16	Шайба 22 ГОСТ 9649-78	10	
Взам. инв. №	ЛП82мп.083283.004-70ТЕ			
	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разработ.	Недашкова		
	Проб.	Борищук С.О.		
	Керівник			
Инд. № подл.	Н.контр.			
	Утв.	Гондляр О.В.		
Редуктор			Лит.	Лист
			1	2
			НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського	
			Формат А4	

Копіював

9.1.3 Схема складання





9.1.4 Операційна карта складання

Инв. №дубл.		Підпис і дата		Взам. інв.№		Инв. №дубл.		Підпис і дата											
				Операційна карта															
№ цеха		№ участ		№ опер		Найменування операції				Обладнання									
						Збирання опори													
№ перехода	Зміст переходу					Технологічний режим	К-сть	Пристосування	Інструмент	То,хв.									
	1. На вихідний вал редуктора 1 вставити шпонку 25 і напресувати шестерню 3.					Вал	1	Прес 750кН		15									
						Шпонка	1												
						Шестерня	1												
№ перехода	2. На вал 1 надіти втулку 5, і напресувати підшипники 27.					Вал	1	Прес 750кН		15									
						Підшипник	2												
						Втулка	1												
№ перехода	3. Вузол редуктора У1 встановити в основу 12.					Основа	1			10									
						Розробив	Недашковська Б.А.				Лист								
						Перевірив	Боршик С.О.				Лист								
Ізм		Лист		№докум		Підпис		Дата		Ізм		Лист		№докум		Підпис		Дата	

Инв. №дубл.		Підпис і дата		Взам. інв.№		Инв. №дубл.		Підпис і дата											
				№ опер															
№ перех.	Зміст переходу					Технологический режим	К-во	Пристосування	Інструмент	То									
	4. На вхідний вал редуктора 2 вставити шпонку 26 і напресувати колесо 4.					Вал	1	Прес 750кН		7									
						Шпонка	1												
						Колесо	1												
№ перех.	5. На вал 1 надіти втулку 5, і напресувати підшипники 27.					Вал	1	Прес 750кН		10									
						Підшипник	2												
						Втулка	1			10									
№ перех.	6. Вузол редуктора У1 встановити в основу 12.					Основа	1			7									
№ перех.	7. На основу 12 встановити кришку 11 гвинтами 15, 17 з одітими на них шайбами 16, 18.					Основа	1			15									
						Кришка	1												
						Гвинт	10												
						Гвинт	4												
					Шайба	10													
					Шайба	4													
										Арк									
Вим		Арк		№докум		Підпис		Дата		Вим		Арк		№докум		Підпис		Дата	

9.2.1 План-схема розміщення фундаментних болтів

9.2.1 План-схема розміщення фундаментних болтів

[illegible]

9.2.2 Карти ескізів монтажу машини

Ім'я № збір.	Підрозділ і дата	Вправа іма №	Ім'я № збір.	Підрозділ і дата
Карта зсвітів				
Номер окремих				
3				

Розроб.
Каміньоклад.
Дорожній камінь
Асфальт

Инв. №дубл.		Підпис і дата		Взам. інв.№		Інв. №дубл.		Підпис і дата									
				Операційна карта													
№ цеха	№ участ	№ опер	Найменування операції							Обладнання							
			Збирання опори														
№ перехода	Зміст переходу										Технологічний режим	К-сть	Пристосування		Інструмент		То,хв.
	1. На вихідний вал редуктора 1 вставити шпонку 25 і напресувати шестерню 3.										Вал	1	Прес 750кН				15
											Шпонка	1					
											Шестерня	1					
	2. На вал 1 надіти втулку 5, і напресувати підшипники 27.										Вал	1	Прес 750кН				15
											Підшипник	2					
											Втулка	1					
3. Вузол редуктора У1 встановити в основу 12.										Основа	1					10	
											Розробив	Недашковська Б.А.				Лист	
											Перевірів	Борщик С.О.					
																Лист	
	ізм	Лист	№докум	Підпис	Дата	ізм	Лист	№докум	Підпис	Дата							

Инв. №дубл.		Підпис і дата		Взам. інв.№		Инв. №дубл.		Підпис і дата													
										№ опер											
№ перех.	Зміст переходу									Технологический режим		К-во	Пристосування		Інструмент		То				
4.	На вхідний вал редуктора 2 вставити шпонку 26 і напресувати колесо 4.									Вал		1	Прес 750кН				7				
										Шпонка		1									
										Колесо		1									
5.	На вал 1 надіти втулку 5, і напресувати підшипники 27.									Вал		1	Прес 750кН				10				
										Підшипник		2									
										Втулка		1					10				
6.	Вузол редуктора У1 встановити в основу 12.									Основа		1					7				
7.	На основу 12 встановити кришку 11 гвинтами 15, 17 з одітими на них шайбами 16, 18.									Основа		1					15				
										Кришка		1									
										Гвинт		10									
										Гвинт		4									
										Шайба		10									
	Шайба		4																		
																	Арк				
Вим		Арк		№докум		Підпис		Дата		Вим		Арк		№докум		Підпис		Дата			

Инв. №дубл.	Підпис і дата	Взам. інв.№	Инв. №дубл.	Підпис і дата												
				№ опер												
№ перех.	Зміст переходу								Технологический режим	К-во	Пристосування		Інструмент		То	
8.	В кришку 7 встановити манжету 30.								Кришка	1					5	
									Манжета	1						
9.	До основи 12 і кришки 11 встановити кришки 7 та 8 і								Кришка				Ключ		10	
	закріпити гвинтами 21 з надітими на них шайбами 22.								Кришка							
									Гвинт							
									Шайба							
10.	В кришку 10 встановити манжету 29.								Кришка	1					5	
									Манжета	1						
11.	До основи 12 і кришки 11 встановити кришки 9 та 10 і								Кришка	1			Ключ		10	
	закріпити гвинтами 23 з надітими на них шайбами 24.								Кришка	1						
									Гвинт	8						
									Шайба	8						
															Арк	
		Вим	Арк	№докум	Підпис	Дата	Вим	Арк	№докум	Підпис	Дата	Вим	Арк	№докум	Підпис	Дата

[illegible]

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					Документация			
	A4			ЛП82мп.083282.010-70СК	Складальне креслення			
					Детали			
			1	ЛП82мп.083281.001	Вал	1		
			2	ЛП82мп.083281.002	Вал	1		
			3	ЛП82мп.083281.003	Шестерня	1		
			4	ЛП82мп.083281.004	Колесо	1		
			5	ЛП82мп.083281.005	Втулка	1		
Подп. и дата			6	ЛП82мп.083281.006	Втулка	1		
			7	ЛП82мп.083281.007	Кришка	1		
			8	ЛП82мп.083281.008	Кришка	1		
			9	ЛП82мп.083281.009	Кришка	1		
			10	ЛП82мп.083281.010	Кришка	1		
			11	ЛП82мп.083281.011	Кришка	1		
			12	ЛП82мп.083281.012	Основа	1		
			13	ЛП82мп.083281.013	Кришка	1		
			14	ЛП82мп.083281.014	Прокладка	1		
					Стандартні вироби			
	Подп. и дата		15		Гвинт М20х45 ГОСТ11644-75	10		
			16		Шайба 22 ГОСТ 9649-78	10		
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЛП82мп.083283.004-70ТЕ		
	Разраб.	Недашковська				Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Борщик С.О.					1	2
	Керівник					НТУУ "КПІ" ім.		
	Н.контр.					Ігоря Сікорського		
	Утв.	Гондлях О.В.				Формат А4		

ВИСНОВКИ

Виконання магістерської дисертації базується на літературному аналізі, умов експлуатації обертових печей. На підставі описаних в літературі закономірностей механічних та теплових режимів роботи випалювальних обертових печей обґрунтовано технічні рішення, що спрямовані на зменшення теплових витрат через корпус печі за рахунок збільшення теплового опору футерівки.

Виконано чисельно-експериментальні дослідження теплових і механічних режимів роботи випалювальних печей. В результаті виконаних розрахунків встановлені закономірності впливу додаткової теплоізоляції на роботу обертової печі. Використана методика і алгоритми розрахунку дозволили визначати напружено-деформований стан обертових печей з урахуванням дії підвищеного теплового опору корпусу, що дає можливість детального моделювання та дослідження обертової печі та її конструктивних елементів у процесі роботи.

В роботі запропонована нова конструкція футерівки обертової печі, що ґрунтується на підставі виконаних з допомогою числової моделі розрахунків шляхом дослідження зміни напружено-деформованого стану корпусу.

Отримані дані підтверджують працездатність модернізації, так як отримані максимальні напруження не перевищують допустимих і дають можливість його безпосереднього впровадження в технологічний процес.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ходоров Е. И. Печи цементной промышленности. Л.: Промстройиздат, 1968, 455с.
2. Щербина В.Ю. Дослідження процесу сепарації в циклонних вихрових апаратах / Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. №1(18), 2019, с. 40-51. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171037>
3. Силенок С. Г., Гризак Ю. Ф., Лямин В. Н. и др. Печные агрегаты цементной промышленности. М.: Машиностроение, 1984. 166с.
4. Банит Ф. Г., Несвижский О. А. Механическое оборудование цементных заводов. М.: Машиностроение, 1975. 308 с.
5. Бауман В. А., Клушанцев Б. В., Мартынов В. Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Машиностроение, 1981. 324 с.
6. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г. Підвищення енергоефективності обертових теплових агрегатів / ВЧЕНІ ЗАПИСКИ ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО Серія: Технічні науки Том 29 (68), Ч.2, № 4, 2018, ст. 68-72. URL: http://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/4_2018/part_2/15.pdf
7. Сайти www.pspengineering.cz; www.flsmidth.com. Конструкції теплових агрегатів.
8. Сапожников М. Я. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. М.: Машгиз, 1962. 520 с.
9. Журавлев М. И., Фоломеев А. А, Механическое оборудование предприятий вяжущих материалов и изделий на базе их. М.: Высш. шк., 1983. 309 с.
10. Швачко Д.Г., Щербина В.Ю. Методика оперативного розрахунку теплового режиму в фасонному вогнетриві / Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря

Сікорського». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. №1(18), 2019, с. 102-109. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171193>

11. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1979. Т. 1. 728 с.

12. Золотницкий М.Д., Пчелинцев В.А. Охрана труда в строительстве. М.: Высш. шк., 1978. 408 с.

13. Сайт <http://www.fips.ru/> Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент).

14. Сайт <http://www.epo.co.at/index.htm>. Европейское бюро патентов

15. Сайт <http://www.sibpatent.ru/patent.asp>. Перспективные технологии и новые разработки.

16. Сайт <http://www.epo.org/index.html>. Европейское патентное бюро.

17. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту. Розенплентер А.Е., Панішева Т.В. КІІВ КПІ 2005р

18. Махнович А.Т., Боханько Г.Я. Охрана труда и противопожарная защита на предприятиях промышленности строительных материалов. М.: Стройиздат, 1978. 247 с.

ДОДАТОК А

Патентний формуляр

Таблиця Б.1. Таблиця розглянутих патентів

№	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1.	ФУТЕРІВКА ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ	<u>Заявка: 201105307</u> <u>МПК F27B 7/28</u> <u>Щербина Валерій</u> <u>Юрійович</u> <u>26.04.2011</u>	Запропоноване конструктивне рішення зменшує можливість теплового розширення пластин в радіальному та окружному напрямках і забезпечує сприятливі умови для роботи вогнетриву. Пропонована футерівка обертової печі дозволяє зменшити термічні напруження в вогнетривах футерівки та забезпечити їх рівномірність що дозволяє підвищити стійкість вогнетривкої цегли, надійність роботи футерівки та термін її експлуатації
2.	АКТИВНАЯ ФУТЕРОВКА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ	Заявка: 96105850/02 МПК F27B 7/28 Воробьев Александр Николаевич	Запропонована конструкція футерівки обертової печі полягає в тому, що управління величиною тепловіддачі стінки футеровки між жаровими каналами досягається за рахунок управління величинами потоків

		26.03.1996	<p>продуктів згоряння жарових каналів. В результаті відбувається блокування частини теплового потоку через стінку першого ряду жарових каналів в напрямку до стінки барабана при різному співвідношенні величин потоків продуктів згоряння в першому і другому рядах жарових каналів і, як наслідок, можливість управління довжиною, по осі печі, температурних зон. Поверхня порожнини всіх жарових і повітряних каналів має різну ступінь розвитку в радіальному і поздовжньому напрямках, що дозволяє знизити напругу в цеглі футерування.</p>
3.	ФУТЕРОВКА ВРАЩАЮЩЕЙ СЯ ПЕЧИ	<p>Заявка: 5055725/33 МПК F27B 7/28 Копков Геннадий Александрович 21.07.1992</p>	<p>Запропонована конструкція футерівки обертової печі полягає в тому, що на робочу поверхню футерівки встановлений теплозахисний шар у вигляді окремих вогнетривких плиток, за допомогою тримачів, які обмежують переміщення цих плиток, внаслідок чого стримується руйнівний тепловий і хімічний вплив технологічного процесу на цеглу.</p>
4.	ФУТЕРОВКА ВРАЩАЮЩЕЙ СЯ ПЕЧИ	<p>Заявка: 97103399/03 МПК F27B 7/28 Акционерное</p>	<p>Корисна модель відноситься до футерівки обертової печі, переважно зони випалу або спікання, в промисловості будівельних</p>

		<p>общество открытого типа по производству огнеупоров Комбинат "Магнезит" 05.03.1997</p>	<p>матеріалів, а також металургійної та хімічної промисловості. Використання пропонованої корисної моделі забезпечує збільшення терміну служби футеровки. У футерівці обертової печі, що включає ряди двошарової футеровки з кислих і основних вогнетривів і закріплюють ряди з основних вогнетривів, згідно корисної моделі основні вогнетриви закріплюють рядів вільно встановлені між рядами двошарової футеровки і мають висоту, рівну сумі 0,5-1,0 висоти кислих вогнетривів нижнього шару і висоти основних вогнетривів двошарової футеровки</p>
	<p>ТЕПЛОИЗОЛЯ ЦИОННАЯ ФУТЕРОВКА ВРАЩАЮЩЕ ЙСЯ ПЕЧИ</p>	<p>Заявка: 20021210035 МПК F27B 7/28 Грунський Віталій Павлович 12.12.2002</p>	<p>Застосування пропонуємої теплоізоляційної футерівки дозволити спростити технологічний процес будівництва печі, підняті наново щабель Надійність і довговічність її роботи, а за рахунок скорочення витрат теплоти в навколишнє середовище - Зберегти Енергоресурси и за менший час підняті робоча температура в печі при тій же товщини футерівки та скоротити годину випалу виробів.</p>

ДОДАТОК Б

Тези на конференцію

УДК 66.041.491

Моделювання роботи обертової печі 4×60м

Недашковська Б.А., студент, Борщик С.О., ст. викладач каф. ХПСМ

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

В роботі досліджується обертова піч з удосконаленою футеровкою. Виконаний чисельний експеримент та проведений аналіз результатів розрахунку. Встановлено, що запропонована футеровка відповідає вимогам міцності, а сама конструкція може бути використана для модернізації обертової печі.

Вступ

Обертова піч 4×60м, що розглядається в даній роботі використовується у цементній промисловості будівельних матеріалів для отримання клінкеру, які працюють по сухому способу виробництва[1]. Дане устаткування найбільш складне й енергоємне в комплексі будівельної індустрії. В зв'язку з розвитком промисловості, зростає значення раціонального використання енергетичних та сировинних ресурсів. Одним з важливих технічних завдань промисловості є інтенсифікація процесів виробництва, яка великою мірою залежить від довговічності окремих елементів обертових печей та машини в цілому. Тому підвищення терміну експлуатації елементів футеровки може істотно збільшити міжремонтний термін служби.

Постановка задачі

З метою підвищення терміну служби футеровки печі запропонована така конструкція, що включає циліндричний корпус обертної печі 1, який виконаний зі сталі, укладений теплоізоляційний шар з цегли 2 футерівки. На внутрішній робочій поверхні цегли 2, зверненої всередину печі, встановлений теплозахисний шар, виконаний у вигляді окремих керамічних плиток 3 на основі карбіду кремнію. Плитки 3 кріпляться за допомогою вогнетривкого бетону 4, що обмежує переміщення плиток[4]. Матеріал, обпалюваний в печі, лежить на плитках 3.(рис. 1,б).

Пропонована конструкція захищає від абразивних спрацьовувань та попереджає зношення футеровки.

Базова конструкція футеровки (рис.1,а) складається з циліндричного сталевго корпуса 1 обертної печі та теплоізоляційного шару 2 з вогнетривкої цегли.

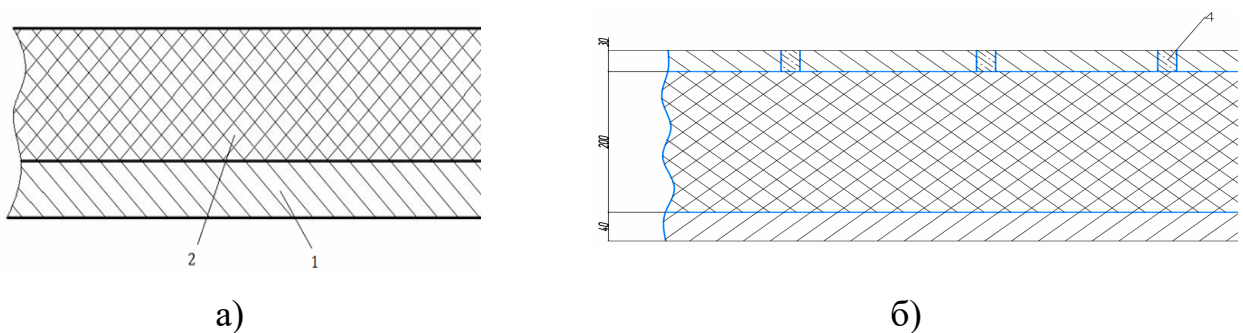


Рис1.Футеровка. а-базова конструкція, б-модернізована

Розрахункова модель.

Обертна піч 4×60м моделюється як 3D конструкція виконана із сталі з врахуванням бандажів, вінцевої шестерні і футеровки, яка складається з вогнетривкої керамічної цегли облицьованої захисними пластинами з карбіду кремнію. Для рішення задачі використовувалась програма Catia для розробки 3D моделі та Ansis для розрахунку[2]. Розрахункова схема показана в розрізі печі і приведена на рис.2, включає корпус печі виконаний з рядовими та підбандажними

обечайками, бандажі, вінцеву шестерню , футеровку виконану з вогнетривів та накладку виконану з кераміки на основі карбіду кремнію[3].

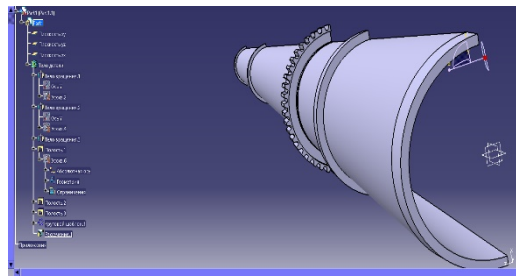
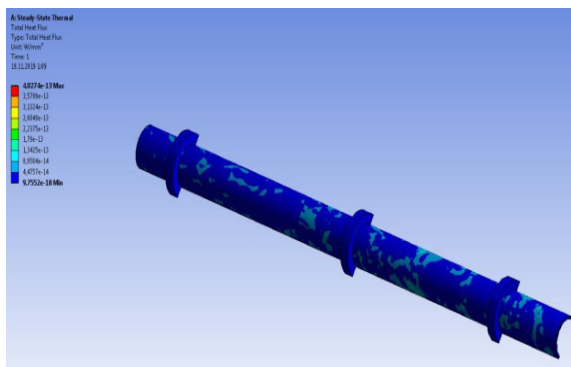
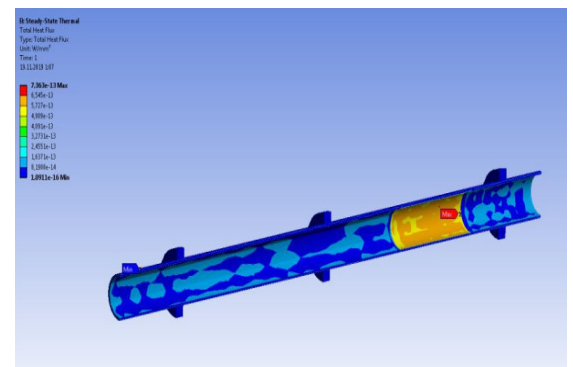


Рис.2. 3D конструкція печі

Пропонований розрахунок показує, що в модернізованій конструкції теплові втрати через зону спікання зменшуються.



а)



б)

Рис.3. Розрахунки. а-до модернізації, б-модернізована

Окрім того, додаткові керамічні пластини, якими облицьовується футеровка в камері спікання дозволяють не лише зменшити теплові втрати, але й виключити абразивне спрацьовування цієї футеровки. Внаслідок цього збільшується міжремонтний термін експлуатації печі.

Висновки

Застосування зносостійких вогнетривких плиток для облицьовування футеровки в зоні спікання дозволяє зменшити теплові страти на ззовні, а також збільшити довговічність ділянки зоні спікання.

Література

1. Энциклопедия машиностроения. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. Т.IV-12 / М.Б. Генералов, В.П. Александров, В.В. Алексеев и др. Под общ. ред. М.Б. Генералова. – М.: Машиностроение. 2004 – 832с.; ил.

2. Сахаров О. С. Щербина В.Ю., Гондлях О.В., Сівецький В.І. САПР. Застосування програмного комплексу ВЕСНА в розрахунках процесів і обладнання з врахуванням термосилових навантажень.: Навчальний посібник // – К.: Видавництво “ЕКМО”, 2009. – 180 с

3. Щербина В.Ю., Сахаров О.С., Гондлях О.В., Сівецький В.І.. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] // – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156с. URL:<https://cpism.kpi.ua/publikatsiji/knigi/731>

4. Патент RU 2047828 С1, МПК F27В 7/28, Футеровка вращающейся печи / Копков Геннадий Александрович Заявка: 5055725/33; опубл. 10.11.1995